Constructionslehre

von

G. Wunderley.

39

89

Handbuch

der

Bau-Constructionslehre.

Herausgegeben

von

G. Wanderley,

Architect und Lehrer der Baugewerkschule in Eckernförde.

Mit 1000 Holzschnitten und 10 Tafeln.

Halle,

Verlag von G. Knapp.

1873.

Handbuch der Bau-Constructionslehre.

Inhalts-Verzeichniß.

I. Abtheilung.

Construction in Stein. (S. 1—72.)

II. Abtheilung.

Construction in Holz. (S. 72—174.)

III. Abtheilung.

Bedachungen und Dachrinnen. (S. 174 — 193.)

IV. Abtheilung.

Construction in Eisen. (S. 193 — 294.)

Inhalts-Verzeichniß.

V. Abtheilung.

Die Construction der Treppen. (S. 297 – 360.)

VI. Abtheilung.

Der innere Ausbau. (S. 361 – 440.)

VII. Abtheilung.

Die Fundirungen. (S. 441 — 503.)

VIII. Abtheilung.

Die graphischen Constructionen. (S. 504 — 592.)

Berichtigungen.

Seite.	Zeile.	
3	2 v. o.	statt: Es wechselt lies: Es wechseln
14	8 v. o.	st.: Ziehe auf die Länge l.: Ziehe die Länge
14	12 v. o.	st.: $ac = ab = n - \frac{1}{8} h$ l.: $ac = eb = n = \frac{1}{8} h$
14	18 v. o.	st.: wie in a 1 auszuführen l.: wie in ad. 1 auszuführen
15	11 v. u.	st.: keine großen Räume l.: keine große Räume
16	5 v. o.	Hinter Pultdächern muß ein Kolon (:) stehen
16	7 v. o.	st.: so muß sie l.: so muß diese
16	10 v. o.	st.: Balkenlager l.: Balkenlage
17	1 v. u.	st.: wo sie auf sehr l.: wenn sie auf sehr
17	5 v. u.	st.: auf jedem Falle l.: in jedem Falle
18	1 v. o.	st.: Hauptregel der Bögen l.: Hauptregel für Bögen
20	1 v. o.	st.: Werden Keller angelgt l.: Werden Keller angelegt
24	6 v. o.	st.: Kelleranlage mit Wasserdichtem hergestellt l.: Kelleranlage mit wasserdicht hergestelltem Boden.
25	8 v. u.	st.: anstatt dessen l.: anstatt derer
30	16 v. o.	st.: zwischen Treppen l.: zwischen Stufen
30	2 v. u.	st.: und das Wassersammelloch auf den Boden l.: und dem Wassersammelloch auf dem Boden
39	1 v. o.	st.: (D Fig. 71) l.: (Fig. 71)
42		In Fig. 80 fehlt der Consolstrich
42	6 v. u.	st.: zu weit vor, so daß l.: so weit vor, daß
48	9 v. o.	st.: Ruhen aber auf ihm größere Belastungen l.: Ruht aber auf ihm eine große Belastung
53	5 v. u.	st.: zerlegt man für geeignete l.: zerlegt man in geeignete
69	3 v. u.	st.: Aufwölbung g l.: Aufwölbung ge
77	9 v. o.	st.: $H : h = 1{,}1 : 2$ l.: $H : h = 1{,}1 : 1$
81	2 v. o.	st.: Fig. 173 zeigt l.: Fig. 175 zeigt
84	1 v. u.	st.: 2) $bh^2 = \frac{l^2 . (p+q}{0{,}1}$ l.: 2) $bh^2 = \frac{a l^2 (p+q)}{0{,}1}$
111	6 v. u.	st.: die Zerknickungsfestigkeit l.: die Zerdrückungsfestigkeit
141	1 v. o.	st.: Fig. 263 zeigt l.: Fig. 264 zeigt
158		Die hier fälschlich mit 337 bezeichnete Figur gehört zum Texte auf Seite 169 Zeile 5—8 von oben
158	10 v. o.	st.: in Fig. 334—337 l.: in Fig. 335—336
169	5—8 v. o.	st.: Die Zeichnung zum Texte ist Fig. 337 auf Seite 158
190	7 v. o.	st.: Motive giebt l.: Motive geben
191	10 v. u.	st.: vollständig unschädlich gemacht wird l.: vollständig unschädlich macht
191	8 v. u.	st.: Attike l.: Attika
192	14 v. u.	st.: unter dasselbe l.: unter denselben
193	6 v. u.	st.: von $7 \square^{m}$ l.: von $7 \square^{cm}$
199	10 v. o.	st.: $P = \frac{1}{6} . \frac{2}{5} . \frac{EJ}{l^2}$ l.: $P = \frac{1}{6} . \frac{5}{2} . \frac{EJ}{l^2}$
206	4 v. u.	st.: Belastung P, welche l.: Belastung P verursacht, welche

Seite. Zeile.

208 10 u. 14 v. o. st: Balkenanlagen l.: Balkonanlagen

208 14 v. o. st.: Balken l.: Balkon

209 15 v. o. st.: Fig. 429 $A = D = \frac{5}{32} P$, $B = C = \frac{11}{16} P$ l.: Fig. 196 $D' = \frac{2}{15} P$, $D'' = \frac{11}{30} P$ (Seite 93)

214 im Holzschnitt Fig. 446 A st.: $3^m = 10''$ l.: $0{,}3^m = 1'$ und st.: $3-4{,}25^m = 10-14''$ l.: $0{,}3-0{,}425^m = 12-14''$

239 10 v. o. st.: Die Tabelle G l.: Die Tabelle J

Seite 89, 110, 125, 199, 201 st.: Elastizitäts-Coefficient l.: Elastizitäts-Modulus.

298 16 v. o. statt: langem l.: langen

299 2 v. o. st.: $\frac{2}{3}^m = 66^{cm}$ l.: 63^{cm}

299 5 v. o. st.: $66 - (2.16) = 34^{cm}$ l.: $63 - (2.16) = 31^{cm}$

300 5 v. o. nehmen l: bekommen

300 6 v. o. st.: Futterlatten l.: Futterbretter

300 10 v. o. st: auf den l.: auf dem

301 14 u. 19 v. o. st.: $(7-7\frac{1}{2}')$ l.: $(7-8')$

301 8 v. o. st.: die Steigung l.: das Futterbrett

303 6 v. o. st.: über l.: unter

303 7 v. o. st.: unter l.: über

304 5 v. o. st.: über die l.: über der

308 7 v. u. st.: ein großarmiger Luftschacht l.: ein großer freier Lichtschacht

310 1 v. u. st.: folglich $d = \frac{260.}{3{,}14} =$ ca. $1{,}67^m$ l.: folglich $d = \frac{260.2}{3{,}14} =$ ca. $1{,}66^m$

312 2 v. u. st.: Diese unterscheiden sich l.: Die Treppen mit aufgesattelten Stufen unterscheiden 2c.

315 13 v. o. st.: jeder l.: jede

317 11 v. o. st.: nach unten l.: nach vorne

333 13 v. o. st.: nur ist hier l.: nur kann hier

334 6 v. u. st.: in einer l.: in eine

362 24 v. o. st.: $1{,}5-2{,}2^m$ $(5-\frac{1}{2}')$ l.: $1{,}5-2{,}2^m$ $(5-6\frac{1}{2}')$

378 st.: Fig. 595 l.: Fig. 643 A—C

382 in der Anmerkung steht: Harmann's Zeitschrift l.: Knapp's Zeitschr.

383 5 v. u. st.: Radabweiser k, k l.: Radabweiser h, h

389 In Fig. 657 muß der Dorn d dicht unter m sitzen, also in dem obern Stöpsel.

393 2 v. o. st.: z. B. $1{,}5^m$ (8') l.: $1{,}5^m$ (5')

393 2 v. u. st.: (mit holem Schlüssel) l.: (mit hohlem Schlüssel)

403 2 v. u.
405 3 v. o.
405 3 v. u. } st.: ist auf Blatt 6 l.: ist auf Blatt 5

407 3 v. o. st.: auf Blatt 7 l.: auf Blatt 6

409 2 v. o. st.: wir verdanken wir l.: so verdanken wir

410 5 v. u. st.: damit zum Oeffnen l.: als zum Oeffnen

417 12 v. u. st.: Blatt 6 l.: Blatt 5

428 muß die Benennung Fig. 691 A—E fort

430 steht beim Holzschnitt Fig. 619 F. E l.: Fig. 691 A—E.

Einleitung.

Die Anforderungen, welche man an ein Gebäude zu stellen berechtigt ist, sind: Stabilität, Zweckmäßigkeit und Schönheit. Ein Gebäude so herzustellen, daß es den Einflüssen der Witterung auf die Dauer widerstehen kann, begreift man unter dem Worte: Construction.

Die Constructionen bestehen aus einzelnen Theilen, und die Constructionslehre giebt das Verfahren an, auf welche Weise diese Theile zweckentsprechend mit einander zu verbinden sind. Man unterscheidet die Constructionen hinsichtlich der Materialien in:

Construction in Stein,
" in Holz,
" in Eisen,
" in Eisen und Holz, oder
" in Eisen und Stein.

I. Abtheilung.

Construction in Stein.

Das steinerne Gerippe eines Gebäudes besteht aus:

1) den stützenden,
2) den überdeckenden Theilen.

Erstere heißen Mauern, Pfeiler, Säulen ꝛc., letzere hingegen Gewölbe.

Die Solidität der stützenden Theile hängt vom Steinverbande ab, und dieser richtet sich wiederum nach dem zu verwendenden Material.

Die Mauern ꝛc. können hergestellt werden:

I. Aus künstlichen Steinen:
   a. aus gebrannten Backsteinen,
   b. aus Lehm- oder Luftsteinen, Lehmpatzen,
   c. aus Kalkziegeln.

II. Aus natürlichen Steinen:
 a. aus regelmäßig bearbeiteten Steinen,
 b. aus unregelmäßig unbearbeiteten Steinen.

III. In der Vereinigung der künstlichen und natürlichen Steine.

IV. Aus in Kasten geformten Lehm- oder Kalkmassen.

I. Die Mauern aus künstlichen Steinen.

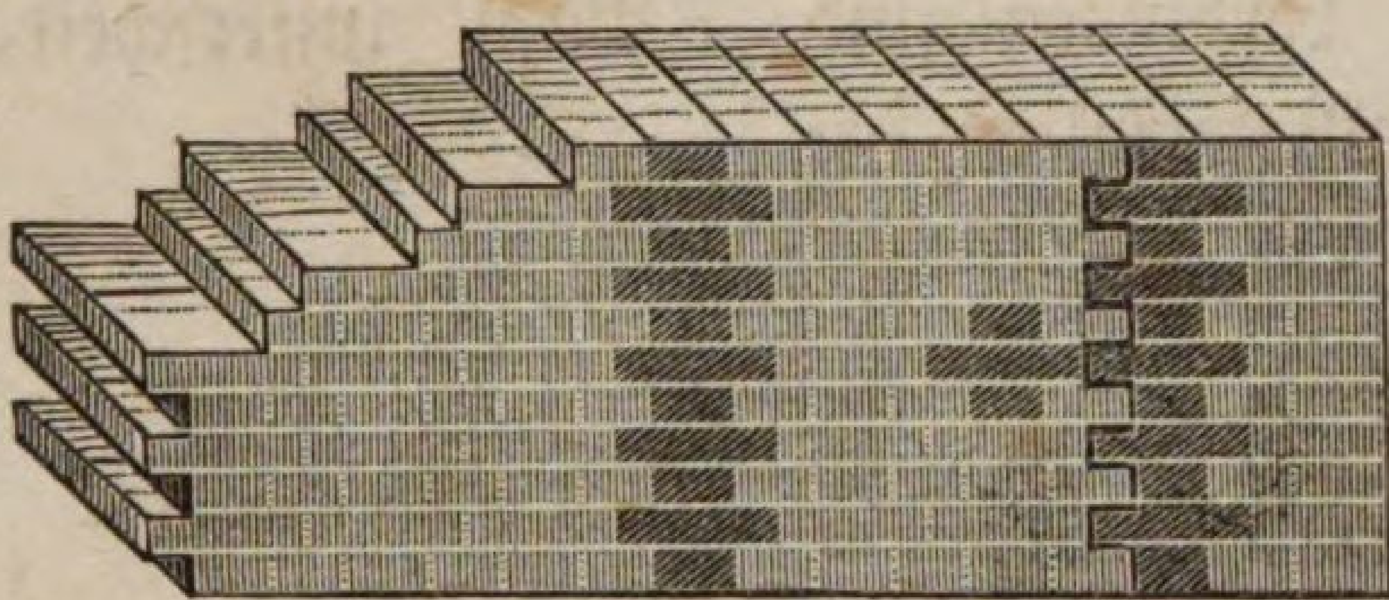
A. Aus gebrannten Backsteinen.*)

Bei der Zusammensetzung der einzelnen Steine zu einem ganzen Mauerwerk wird angewendet:

1) Der Blockverband. (Fig. 1.)

Bei ihm ist die Hauptregel des Steinverbandes zu beachten, daß niemals bei den direct übereinanderliegenden Schichten die Stoßfugen übereinander stehen dürfen. Damit dies umso besser stattfindet, wechselt stets eine Laufschicht mit einer Binderschicht ab, es steht daher die Stoßfuge der einen Schicht lothrecht über derjenigen der dritten Schicht.

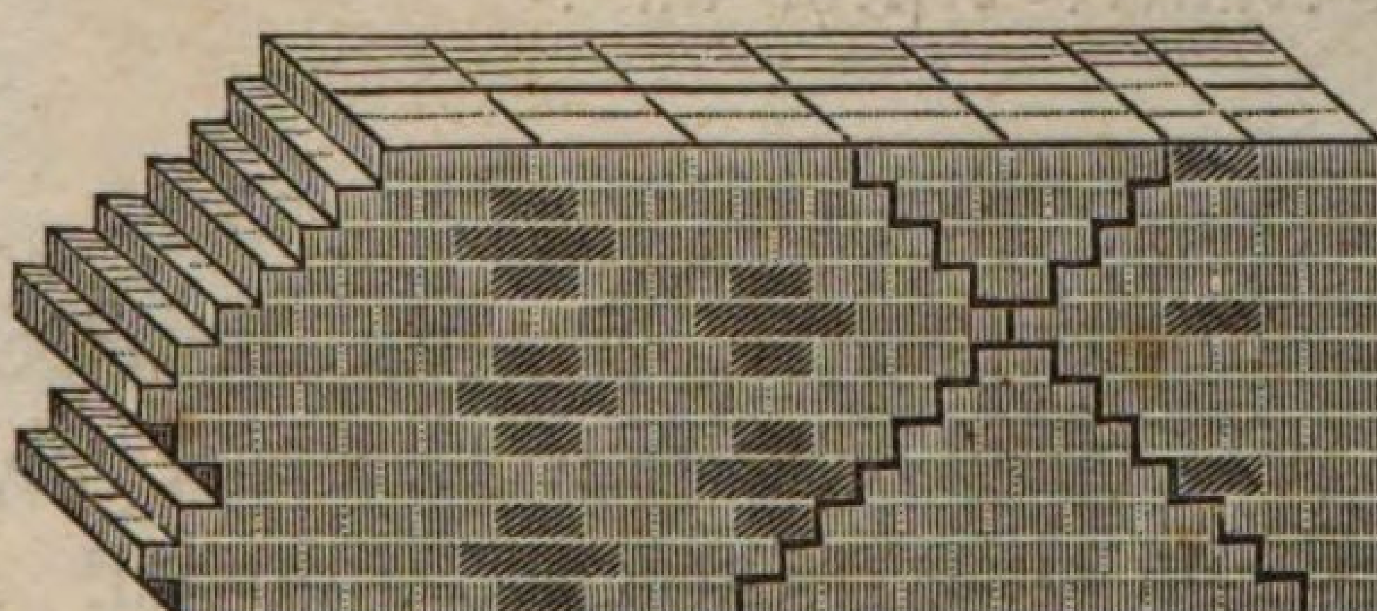
Fig. 1.



2) Der Kreuzverband. (Fig. 2.)

Er wird im Hochbau am meisten angewendet, da bei ihm die Verwechselung der Fugen am häufigsten, den Stromverband ausgenommen, vorkommt. Hierbei haben sämmtliche Binderschichten und die erste und dritte der Läuferschichten dieselbe Zusammensetzung der Steine wie beim Blockverbande, die andere Laufschicht erhält aber noch, außer den zum Blockverbande nöthigen Steinen, an den Ecken entweder ein Kopfstück oder auch ein Dreiquartstück.

Fig. 2.

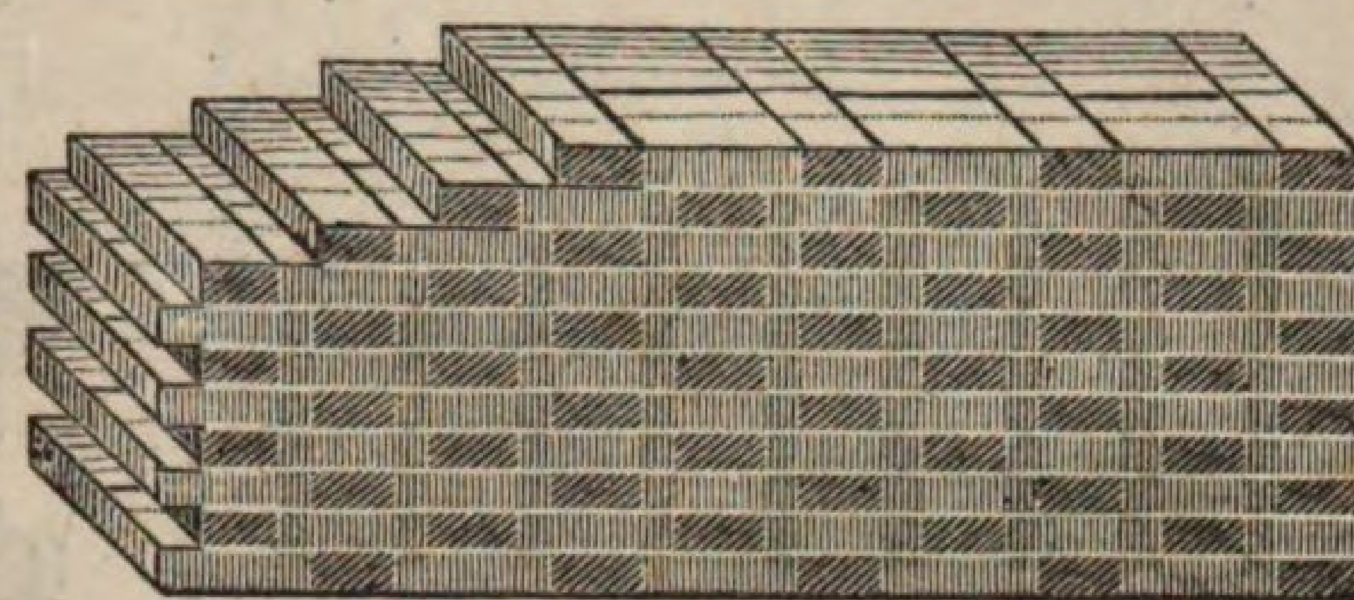


*) Es ist hier nur die isometrische Ansicht des einzelnen Verbandes angegeben. Näheres über Verbände siehe: Menzel, pract. Maurer; Fleischinger und Becker; Breymann, I. Band.

3) Der polnische Verband. (Fig. 3.)

Es wechselt bei ihm in einer und derselben Schicht Läufer und Binder mit einander ab. Er giebt ein gefälliges Ansehen und wird deshalb beim Quadermauerwerk gern angewendet. Häufig werden Bruchsteinmauern mit diesem Verbande verblendet.

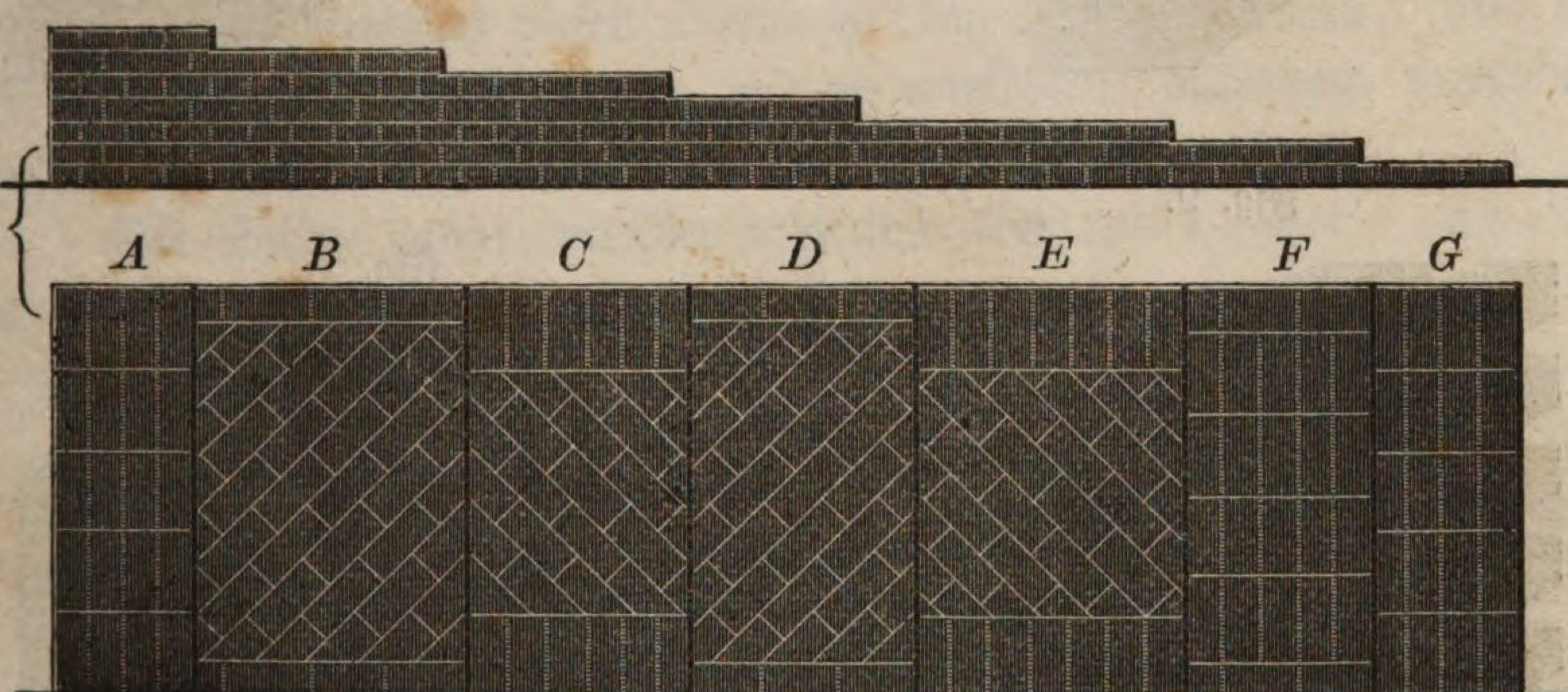
Fig. 3.



4) Der Strom- oder Kreuzschichtverband. (Fig. 5 u. 6.)

Hierbei findet die häufigste Verwechselung der Fugen statt, und wird daher dieser Verband besonders bei Strom- und Festungswerken verwendet. A, B, C, D, E, F, G sind die verschiedenen Schichten.

Fig. 5 u. 6.



5) Die hohlen Mauern aus vollen Steinen.

In neuerer Zeit werden die Mauern in der Art gemauert, daß zwischen ihnen ein freier Raum (Luftschicht) bleibt, welcher im geschlossenen Mauerwerk eine Isolirschicht bildet. Eine solche Mauer ist verhältnißmäßig billiger (wegen des geringeren Materials) und giebt dem Gebäude Schutz gegen die Wärme, Feuchtigkeit und Kälte. Aus dem letzten Grunde empfehlen sich derartige Umfangsmauern besonders für das nördliche Deutschland.

Bei den genannten Mauern reichen die Binder als Ankersteine durch die Mauer; bei starken Mauern werden innerlich Zickzack angelegt.

Fig. 7.

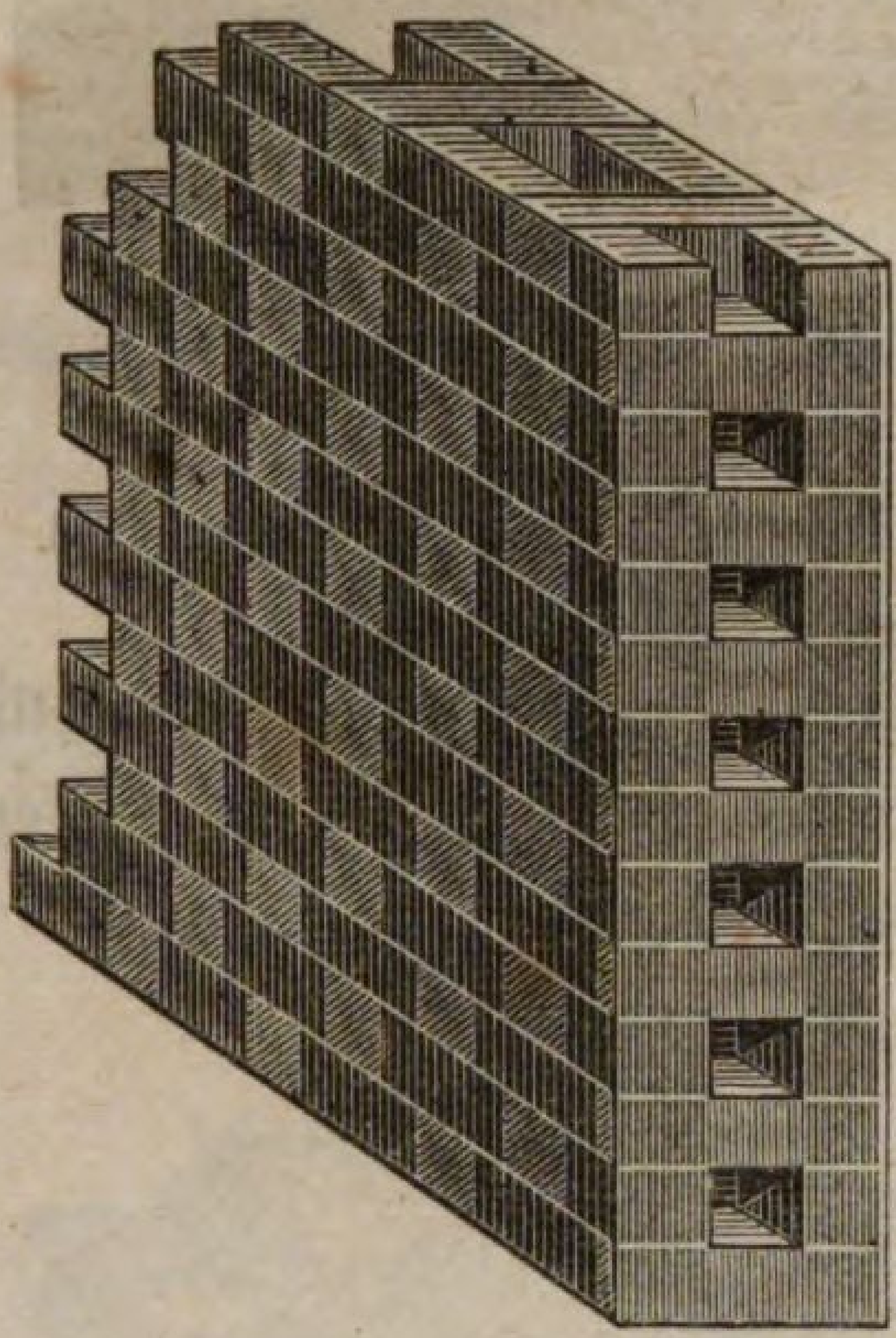


Fig. 8.

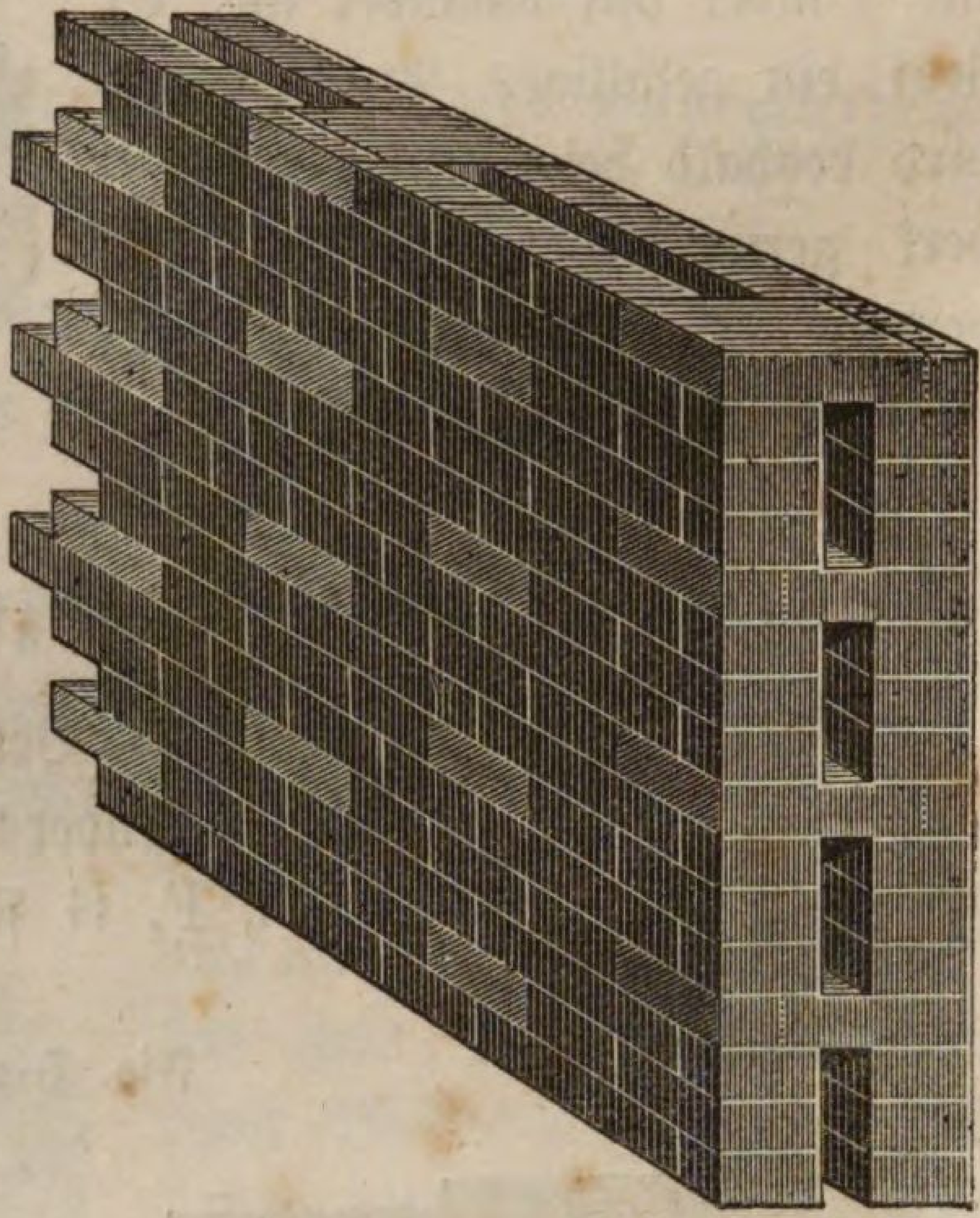


Fig. 9.

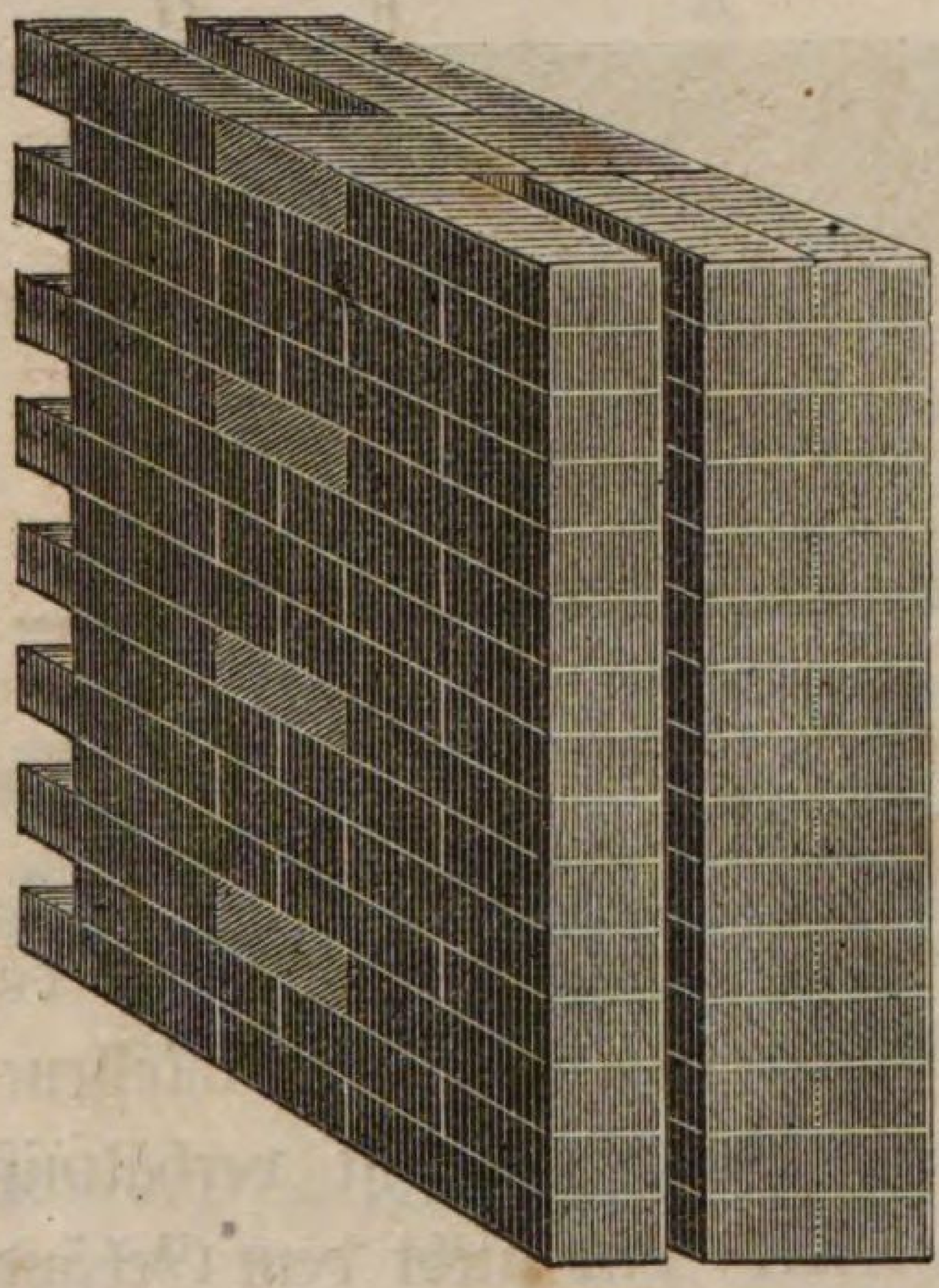


Fig. 10.

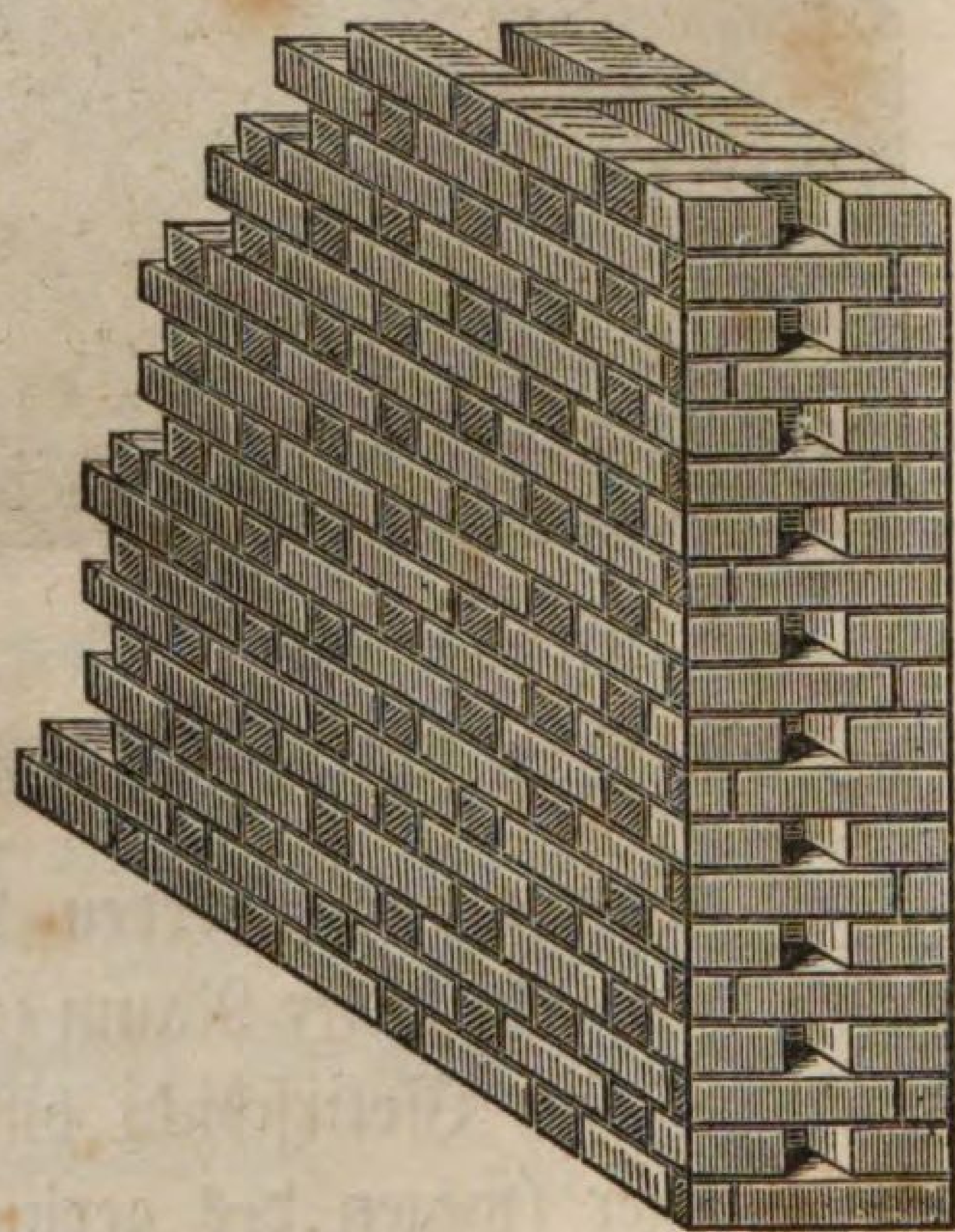
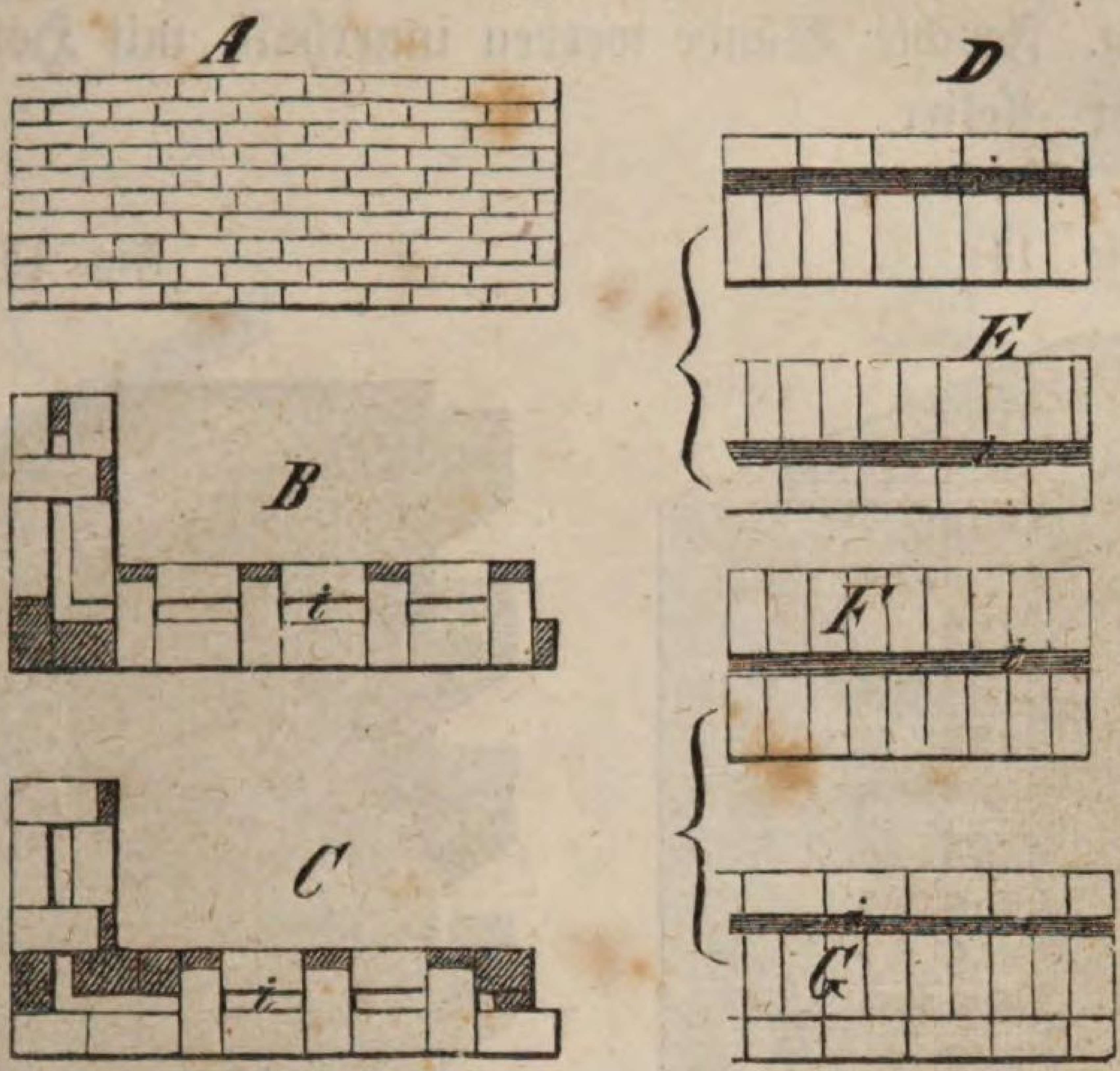


Fig. 7 — 10 zeigen derartige Verbände für verschiedene Mauerstärken, Fig. 11 ABC ist eine Ecke im Blockverband.

Fig. 11.



6) Mauern aus hohlen Steinen.

Die Verwendung dieser Steine ist bei leichten Mauern, (also bei freitragenden Hängewerkmauern ꝛc.) zu empfehlen, außerdem noch, wo geschwinde Herstellung und trockne Räume gewünscht werden.

Die Steine haben entweder rechteckige oder runde Löcher. (Fig. 12 u. 13.)

Fig. 12.

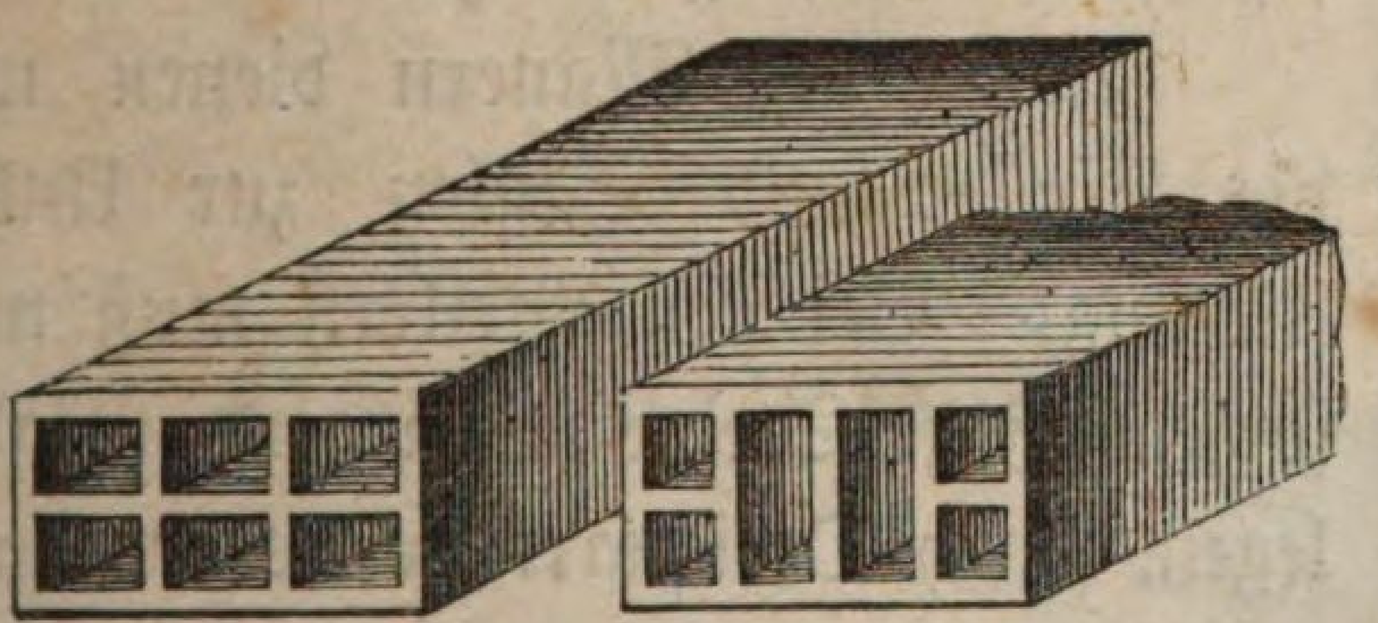
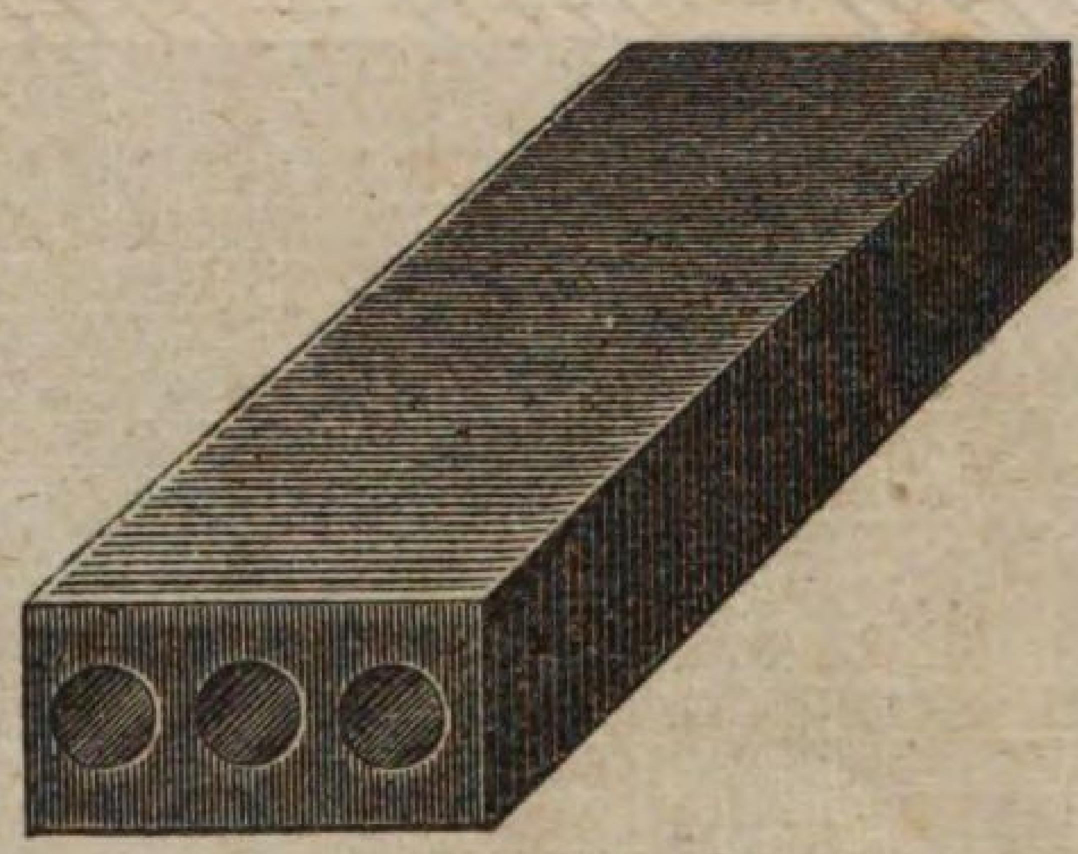


Fig. 13.



In Folge der geringen Seitenstärken können diese Steine gut ausbrennen, weshalb sie als Verblend- und Kunststeine große Verwendung finden.

Auch Gewölbe, welche sich gegen Eisen anlehnen, werden aus ihnen gefertigt; die nächstfolgende Fig. 14 giebt die übliche Form und Verwen-

dung bei dem Verblenden an; hierbei greifen die Binder in das volle Mauerwerk ein. Feuchte Wände werden innerhalb mit Hohlsteinen, wie Fig. 15 angiebt, isolirt.

Fig. 14.

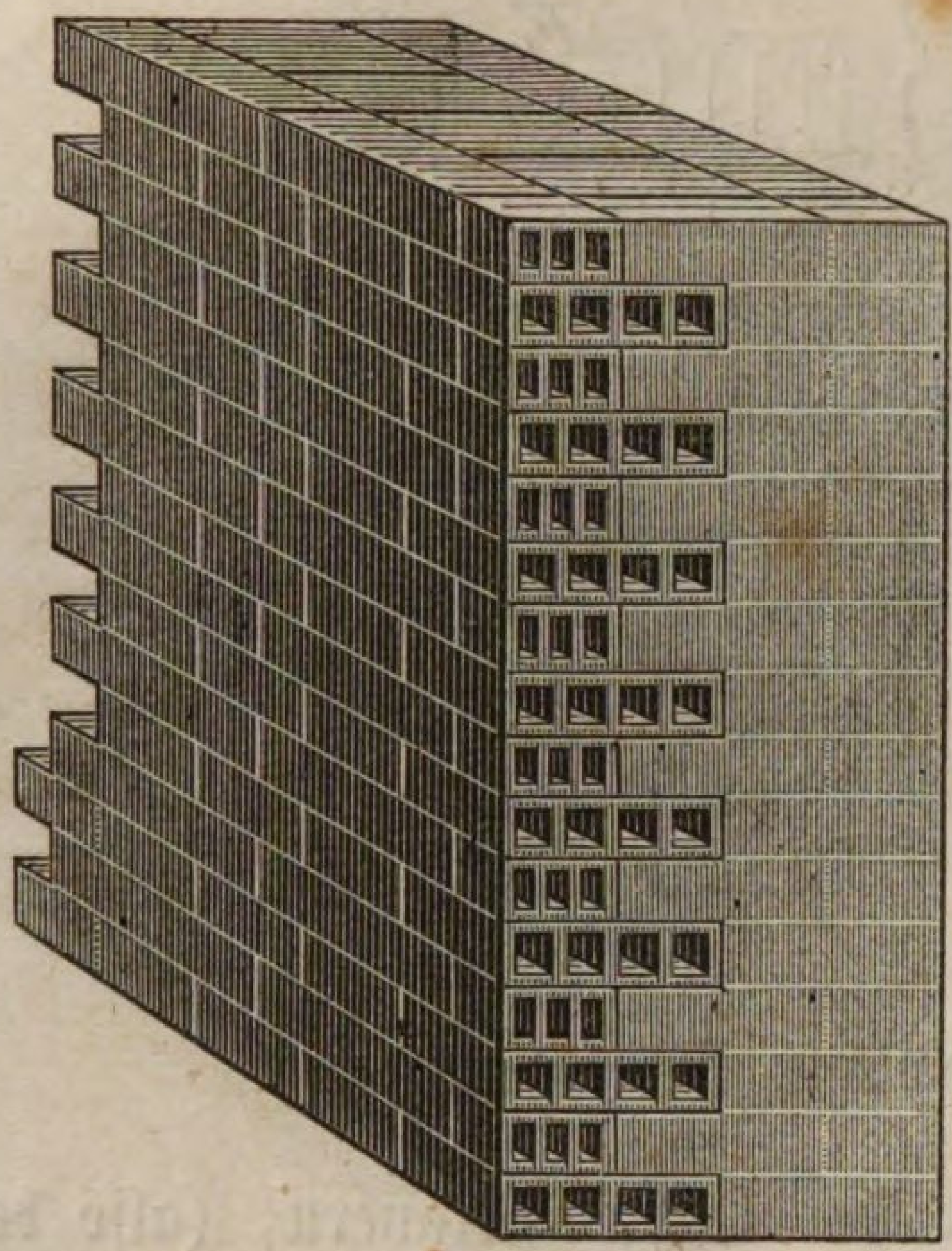
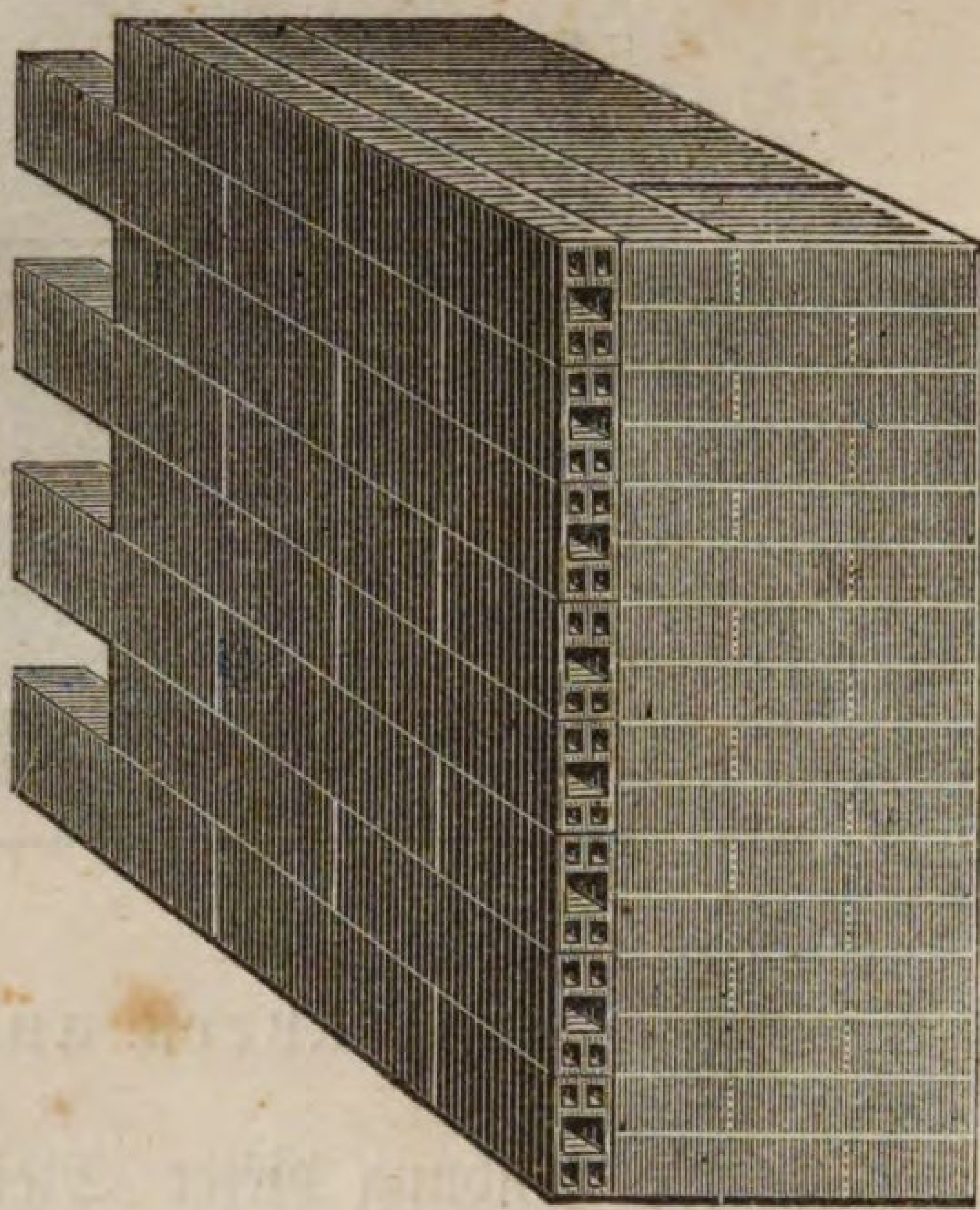
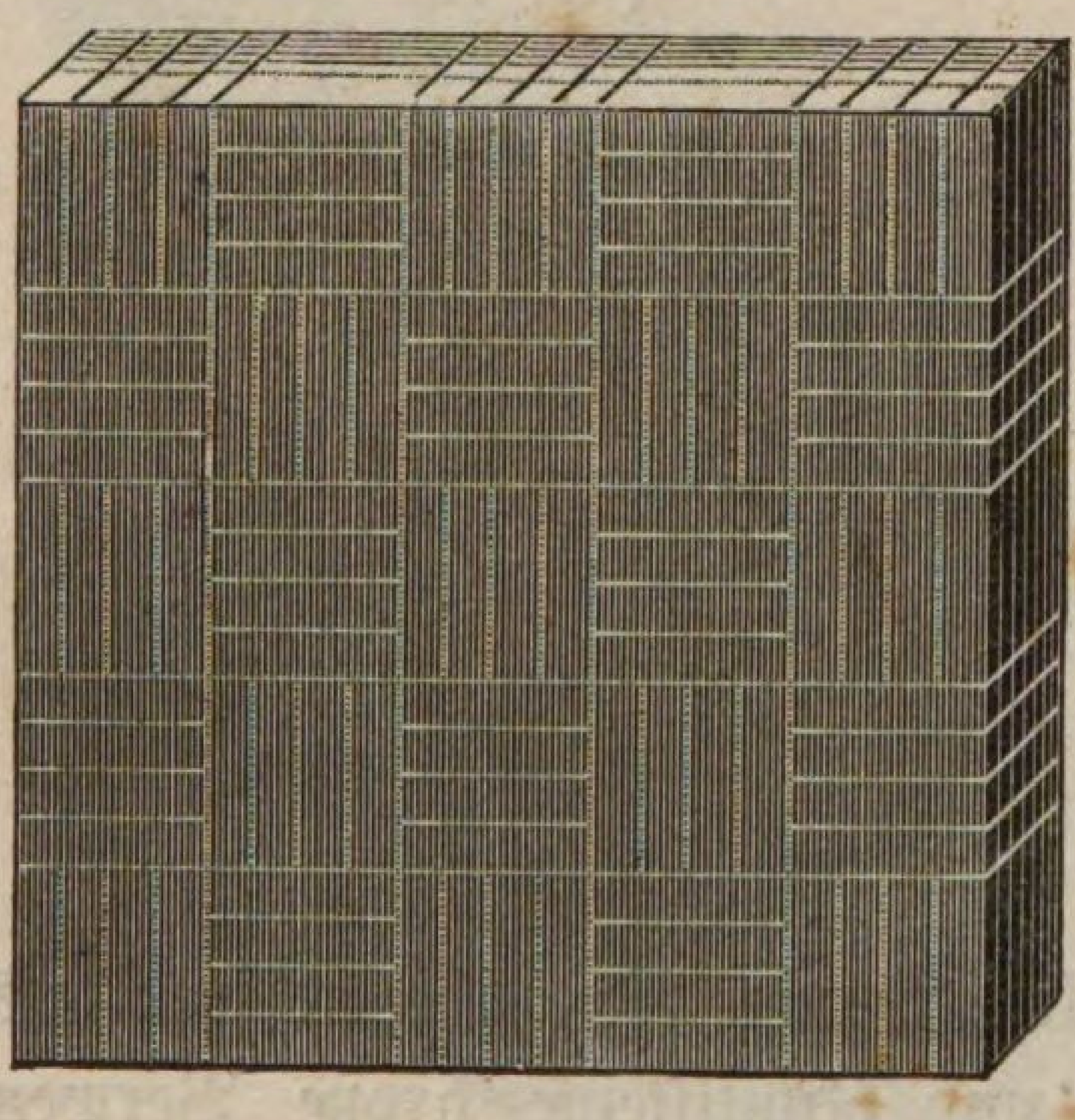


Fig. 15.



7) Der figurirte Verband (Fig. 16.)

Fig. 16.



wird zur Decorirung der massiven und Fachwerks-Wände benutzt; mit Hülfe blauer, schwarzer ꝛc. Steine können die schönsten Wirkungen erzielt werden.*)

Außer den Mauern dienen noch die Pfeiler und Säulen zur Unterstützung. Bei den Pfeilern muß man soviele ganze Steine wie irgend möglich legen, durch Dreiquartiere werden dann die Vorsprünge ꝛc. hergestellt. (Fig. 17 u. 18.) Bei den Säulen sind Formsteine unbedingt nöthig, welche für verschiedene Seiten gebraucht werden können. (Fig. 19.)

*) Schöne Muster enthält „der Rohbau" von Fleischinger und Becker.

Fig. 17.

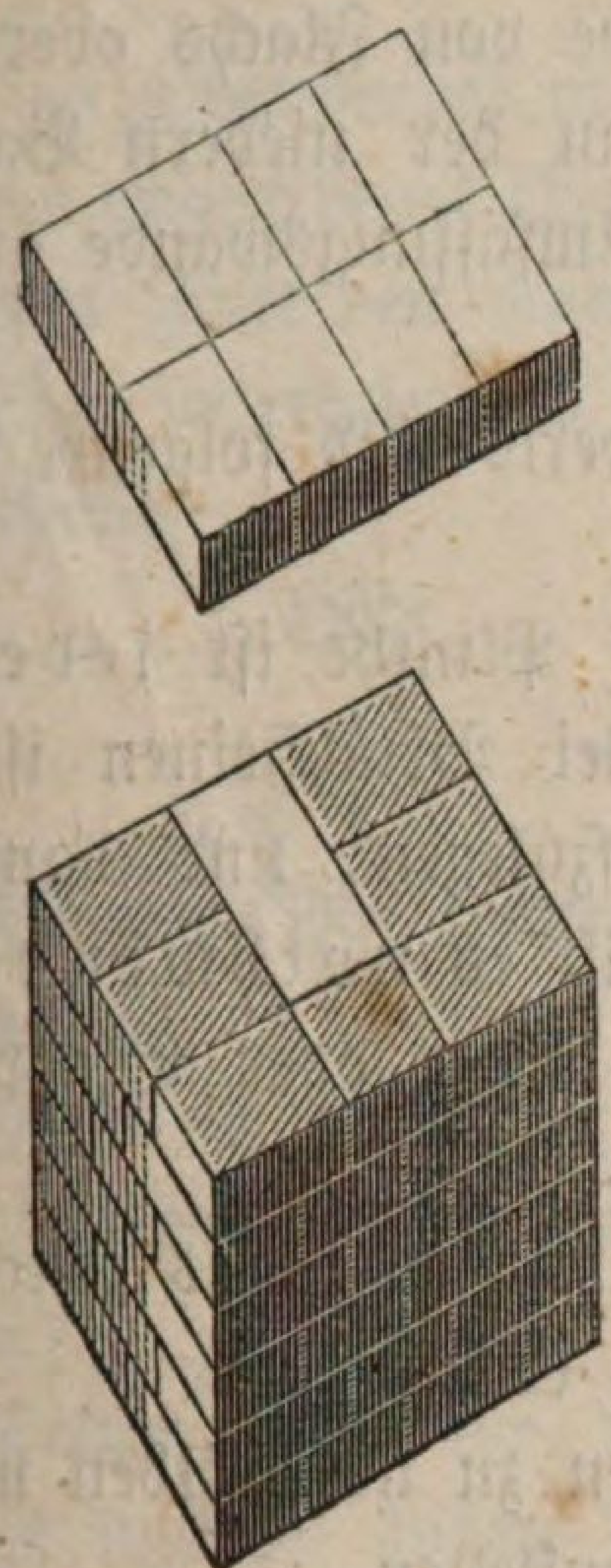


Fig. 18.

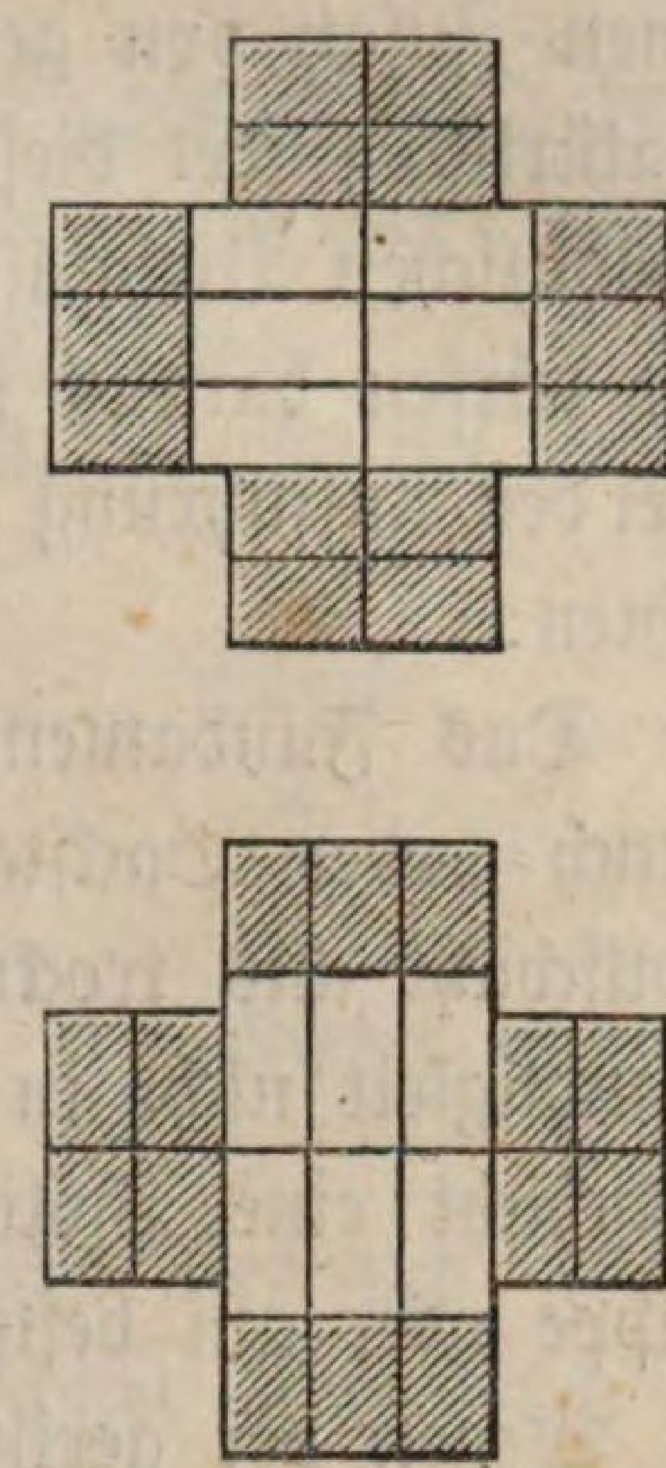
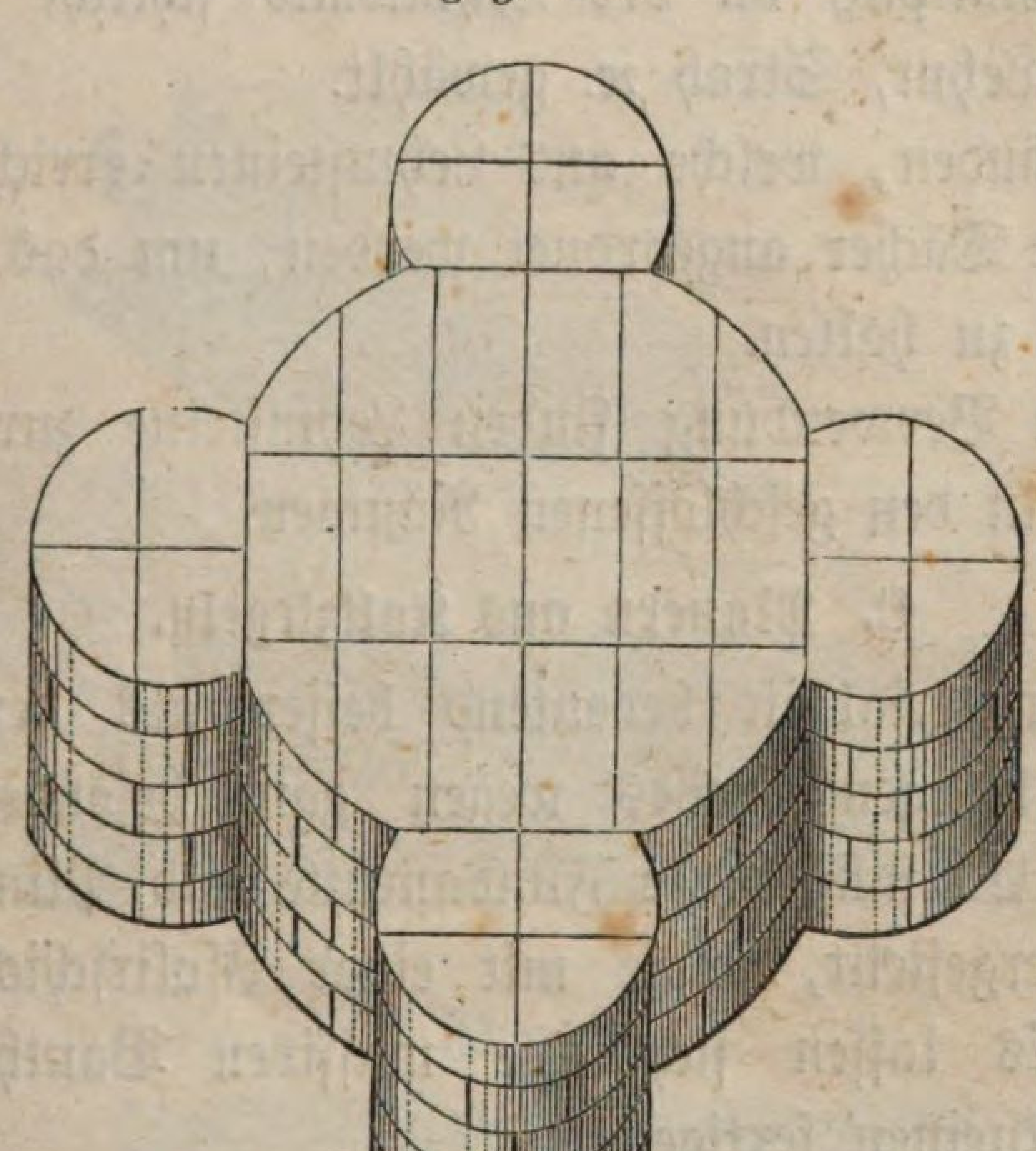


Fig. 19.



B. Mauern aus Lehm= und Luftstein und Lehmpatzen.

Im Allgemeinen gelten bei diesem Material dieselben Regeln, wie bei den Verbänden, welche oben angeführt wurden.

Der Luftstein besteht nur aus Lehm, der Lehmpatzen aber enthält noch einen Zusatz von gehacktem Stroh, Schebe von Flachs oder Hanf.

Natürlich findet dieses Baumaterial nur in der niedern Baukunst, bei gewöhnlichen Viehställen 2c. Anwendung; Umfassungswände größerer Gebäude dürfen daraus nicht gebaut werden.

Bei der Aufführung eines Lehmsteinmauerwerks sind folgende Regeln zu beachten:

1) Das Fundament und die sogenannte Plinthe ist jedesmal aus Bruch- oder Backsteinen aufzuführen. Bei Bruchsteinen ist oben eine Rollschicht aus trocknen guten Ziegeln aufzulegen, und damit die Grundfeuchtigkeit nicht in die Lehmsteine zieht, ist es nothwendig auf die Rollschicht eine Isolirschicht von Cement, Blei oder Glasplatten, Theerpappe oder am besten Asphalt zu bringen.

2) Wegen der geringen Festigkeit der Lehmsteine ist es zweckmäßig die Ecken aus gebrannten Steinen auszuführen; ebenso sind

3) die Thüren und Fenster mit Backsteinen zu überwölben und ist die Sohlbank durch eine Backsteinrollschicht herzustellen.

4) Da der Kalkputz an der Lehmwand schlecht haftet, wird ein Lehmbewurf aus Lehm, Stroh 2c. gewählt.

5) Bei Gebäuden, welche aus Lehmsteinen errichtet sind, müssen stets überhängende Dächer angeordnet werden, um das Regenwasser von den Wänden fern zu halten.

6) Die beste Verwendung finden Lehmsteine zur Ausfüllung von Fachwerkswänden in den geschlossenen Räumen.

C. Mauern aus Kalkziegeln.

Dieses Baumaterial ist bedeutend besser als der Lehmstein und eignet sich seines billigen Preises wegen ganz besonders zu den ländlichen Gebäuden. Es müssen die Fundamente und Plinthen aus Bruch- oder Backsteinen hergestellt, sowie mit einer Isolirschicht als Abdeckung belegt werden. Es lassen sich alle massiven Bautheile (auch kleine Gewölbe) aus Kalksteinen fertigen.

Die Mauerflächen können ohne Kalkputz bleiben, die Gesimse, welche vom Regen 2c. sehr getroffen werden, sind am besten zu überputzen. Durch Einfügung farbiger Backsteine kann man ganz niedliche Façaden herstellen.

Bis jetzt sind nur zweistöckige Gebäude mit Kalkziegeln aufgeführt, die gewöhnlichen Backstein-Mauerstärken bieten hinreichende Sicherheit.

II. Mauern aus natürlichen Steinen.*)

Hierzu verwendet man Sandstein, Kalkstein oder Granit; sie können entweder unbearbeitet oder auch regelmäßig bearbeitet werden, und führen in letztem Falle den Namen Schnittstein oder Haustein.

Sind sie regelmäßig und lagerhaft bearbeitet, so erhalten sie folgende Dimensionen:

	Höhe	:	Breite	:	Länge
	1	:	2	:	3
oder	1	:	2	:	4

Für die Höhe können in der Regel 0,25—0,3 Meter angenommen werden.

Meistens wird der gothische oder polnische Verband von außen gezeigt, wobei Läufer mit Bindern in einer Schicht abwechseln. (Siehe Fig. 3.)

Selten wird die Mauer ganz aus Quadern hergestellt, dagegen häufiger nur die äußere Mauerfläche damit verblendet.

Fig. 20.

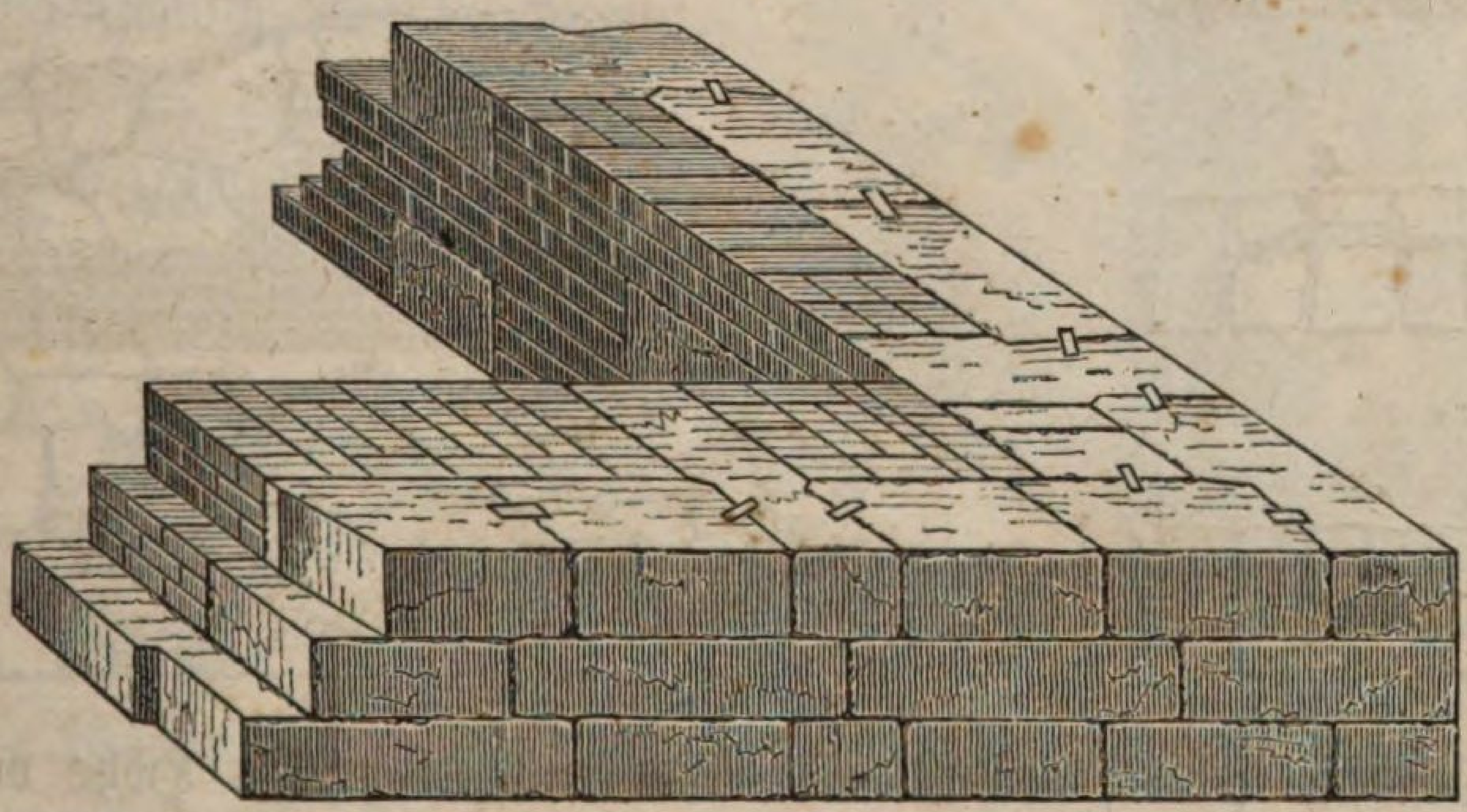
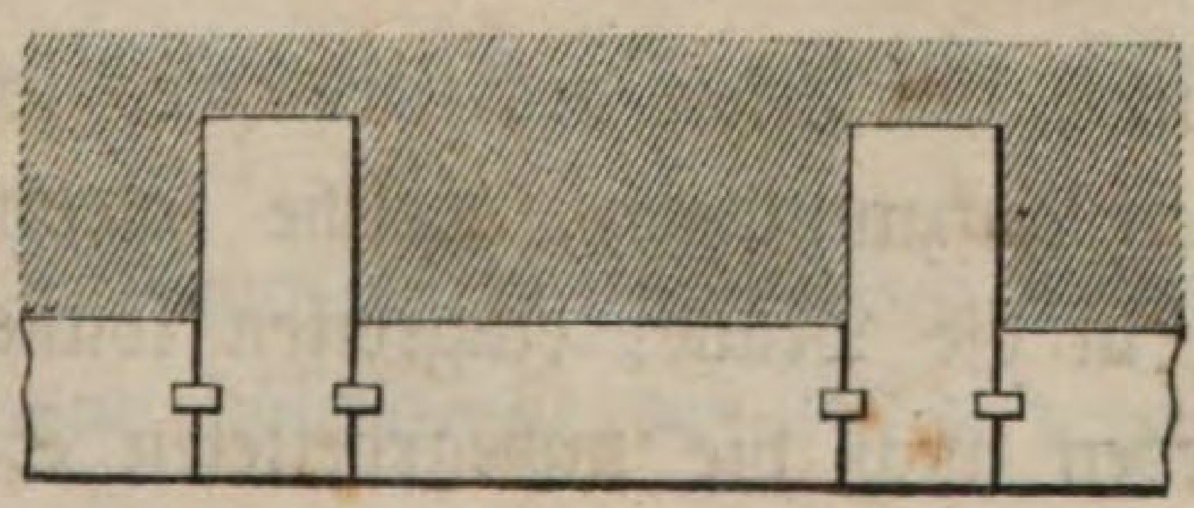


Fig. 21.



*) Ueber die Bearbeitung der Steine siehe: Breymann, 1. Theil; Menzel, pract. Maurer; Ringleb, Lehrbuch des Steinschnitts.

Die Steine werden mit eisernen Dübeln oder Klammern fest verbunden, und damit die Läufer nicht hinausgedrängt werden, greifen die Binder schwalbenschwanzförmig in sie ein.

Fig. 22.

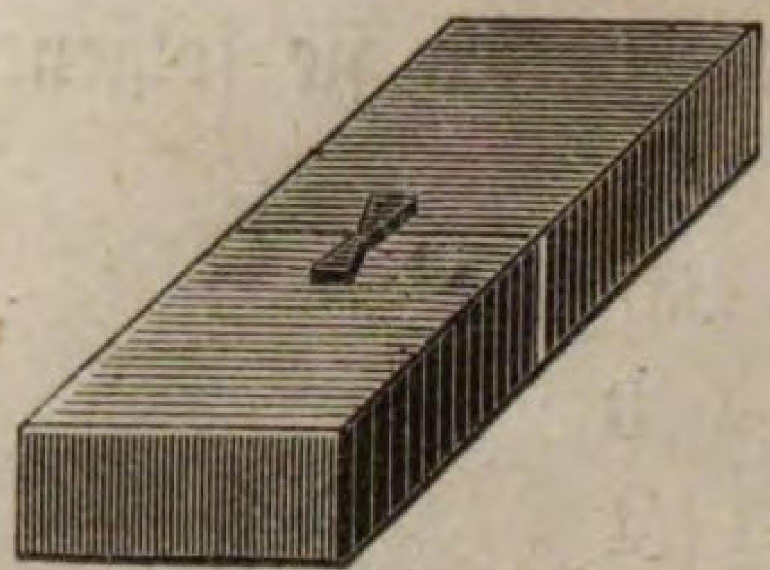


Fig. 23.

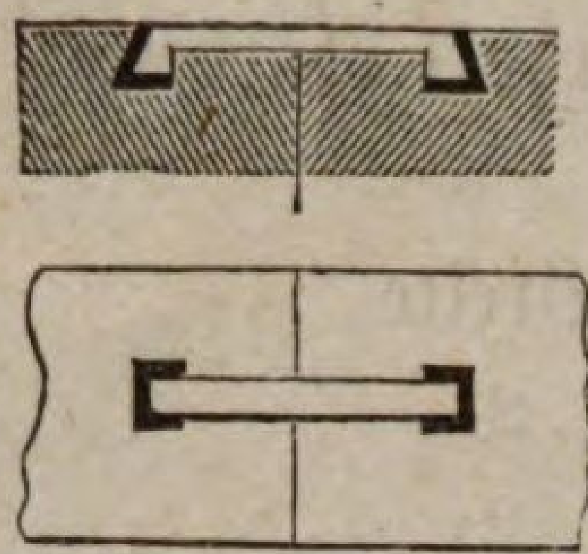
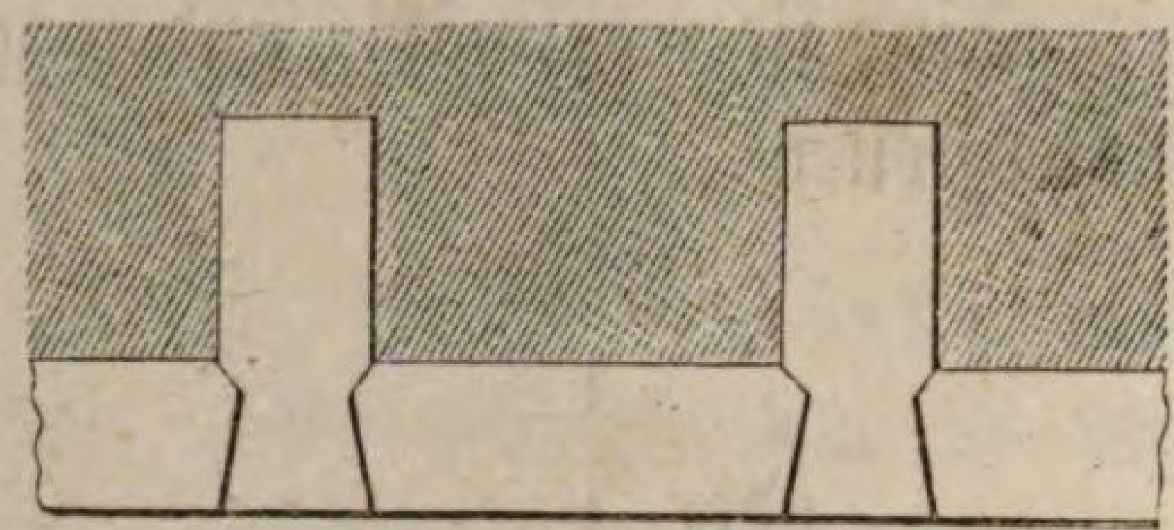


Fig. 24.



Fundamente ꝛc. werden häufig aus unbearbeiteten Steinen (Findlingen ꝛc.) hergestellt, es müssen die größten Steine in den Ecken liegen und überhaupt soviele Binder mit Läufern abwechseln, wie es nur

Fig. 25.

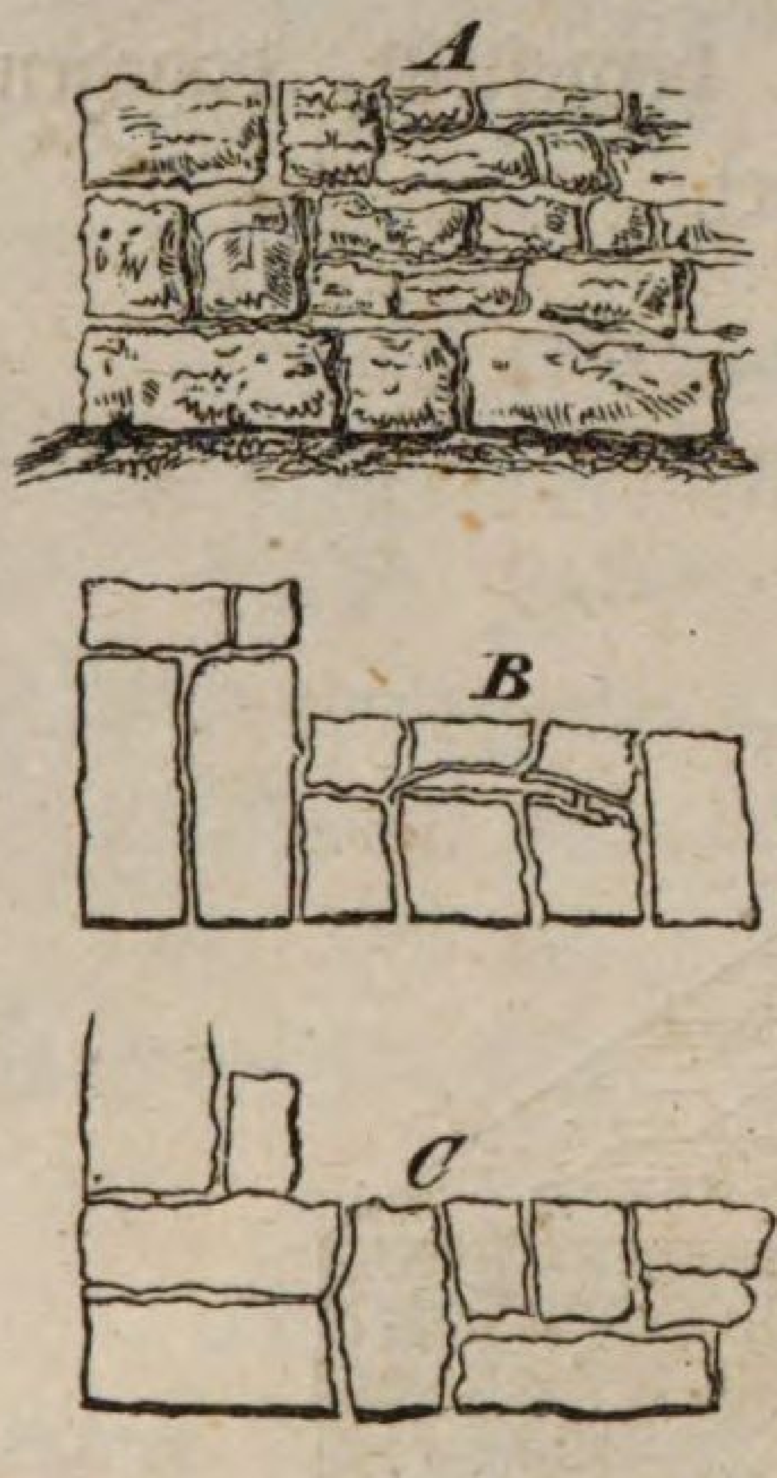
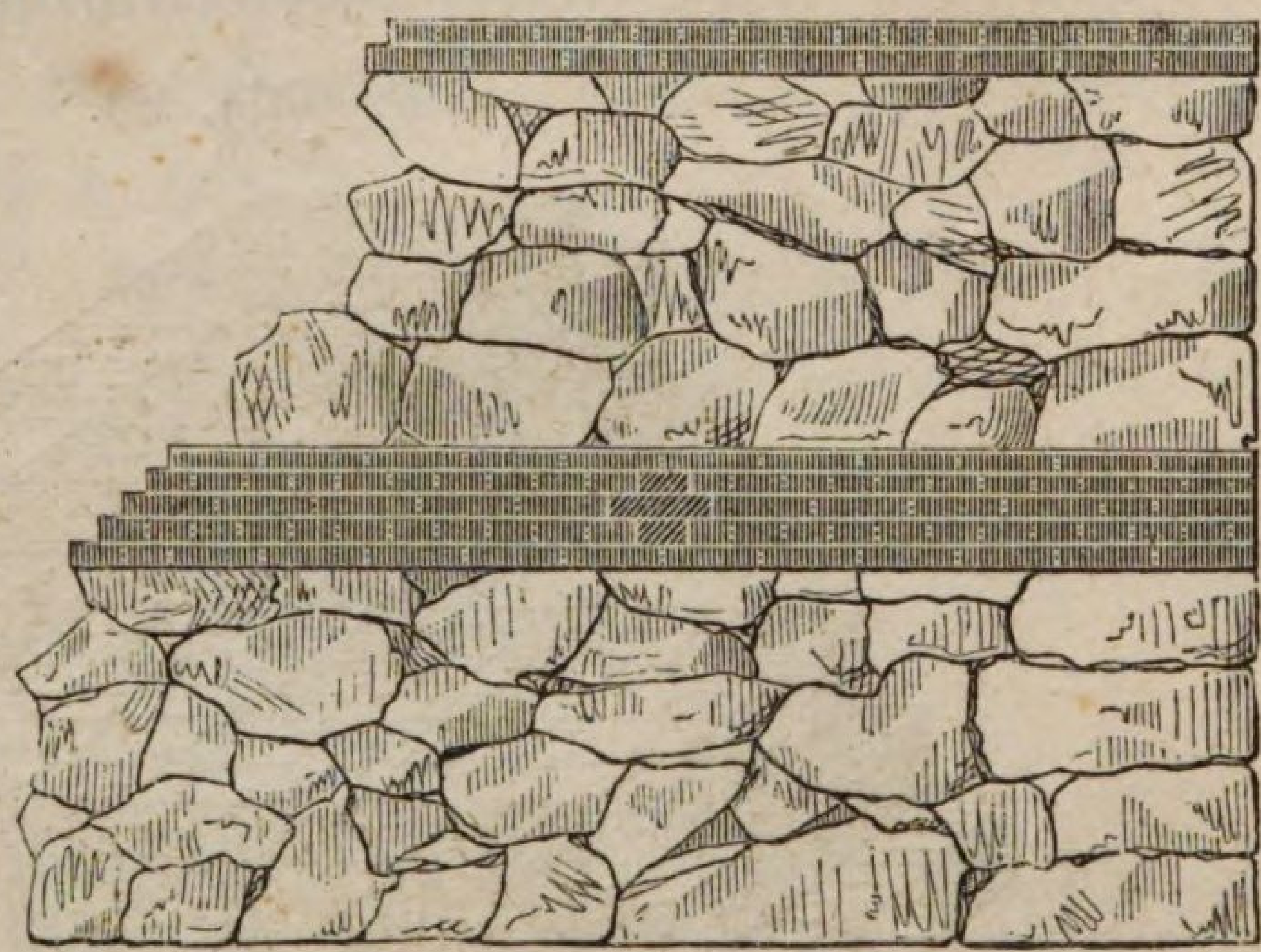


Fig. 26.



irgend zulässig ist. Oberhalb der Erde müssen in der Höhe von jedem 1—1½ Meter einzelne Backsteinschichten zur Abgleichung angelegt werden.

Besser ist es, noch die Ecken des Gebäudes sowie der Fenster und Thüren in Backsteinen aufzumauern, welche sowohl gerade abschneiden, als auch zahnförmig in die Mauer eingreifen können.

Manchmal werden auch die unbearbeiteten Steine mit Backsteinen ganz verblendet, wobei das Mauerwerk außerhalb den gothischen oder polnischen Verband zeigt; mehrere Backsteinschichten greifen zahnförmig in das Mauerwerk ein.

Fig. 27.

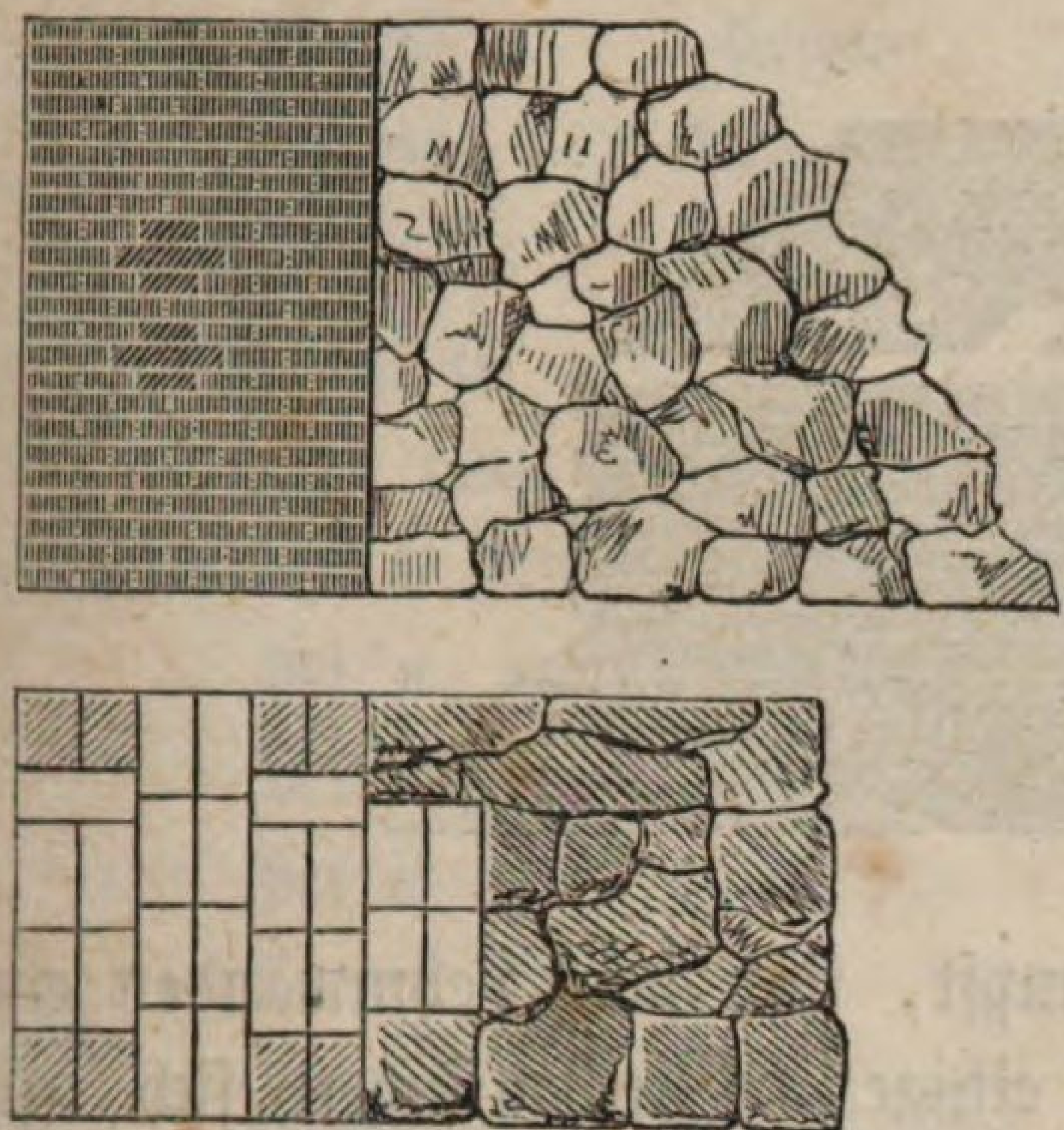
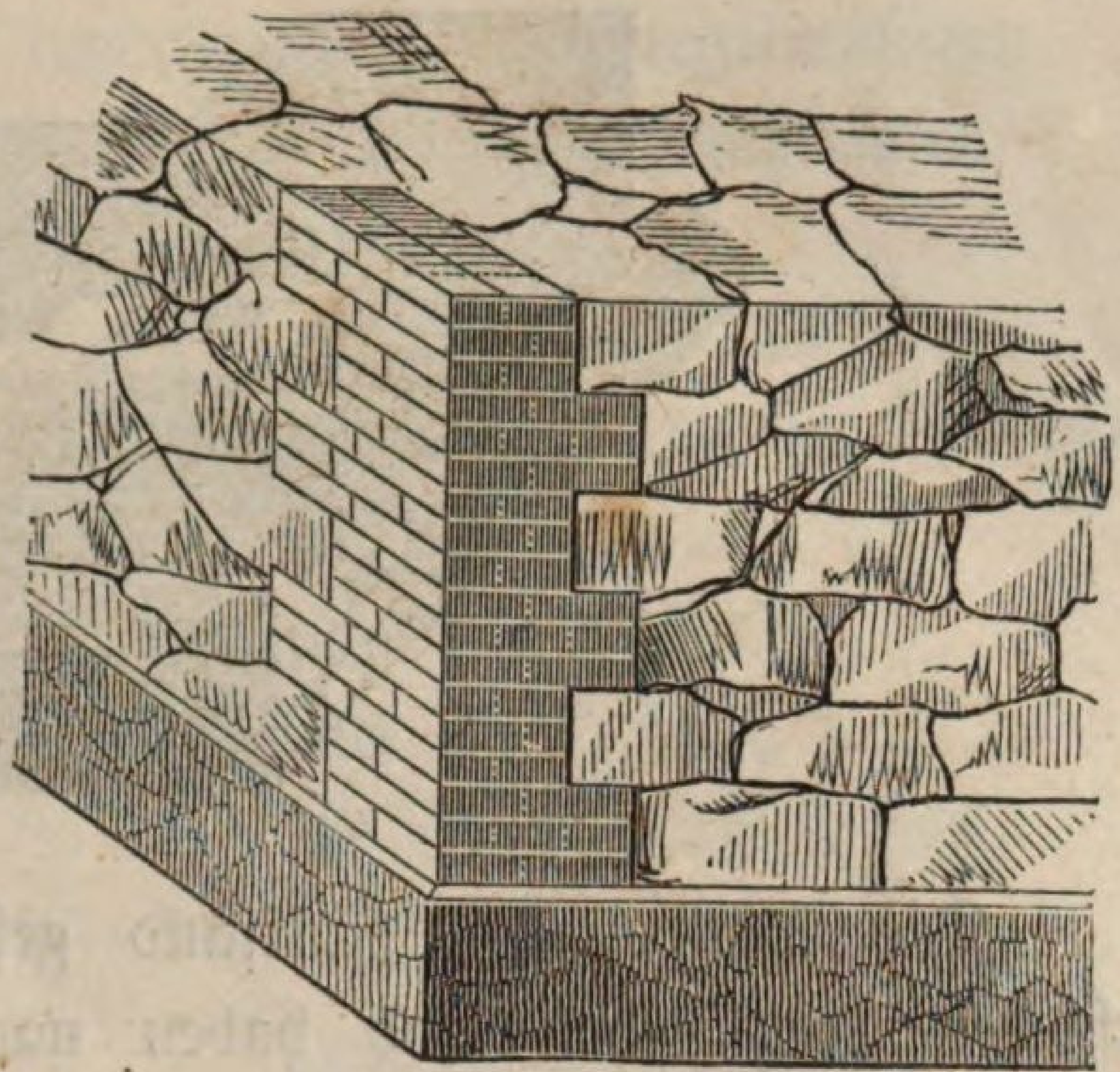


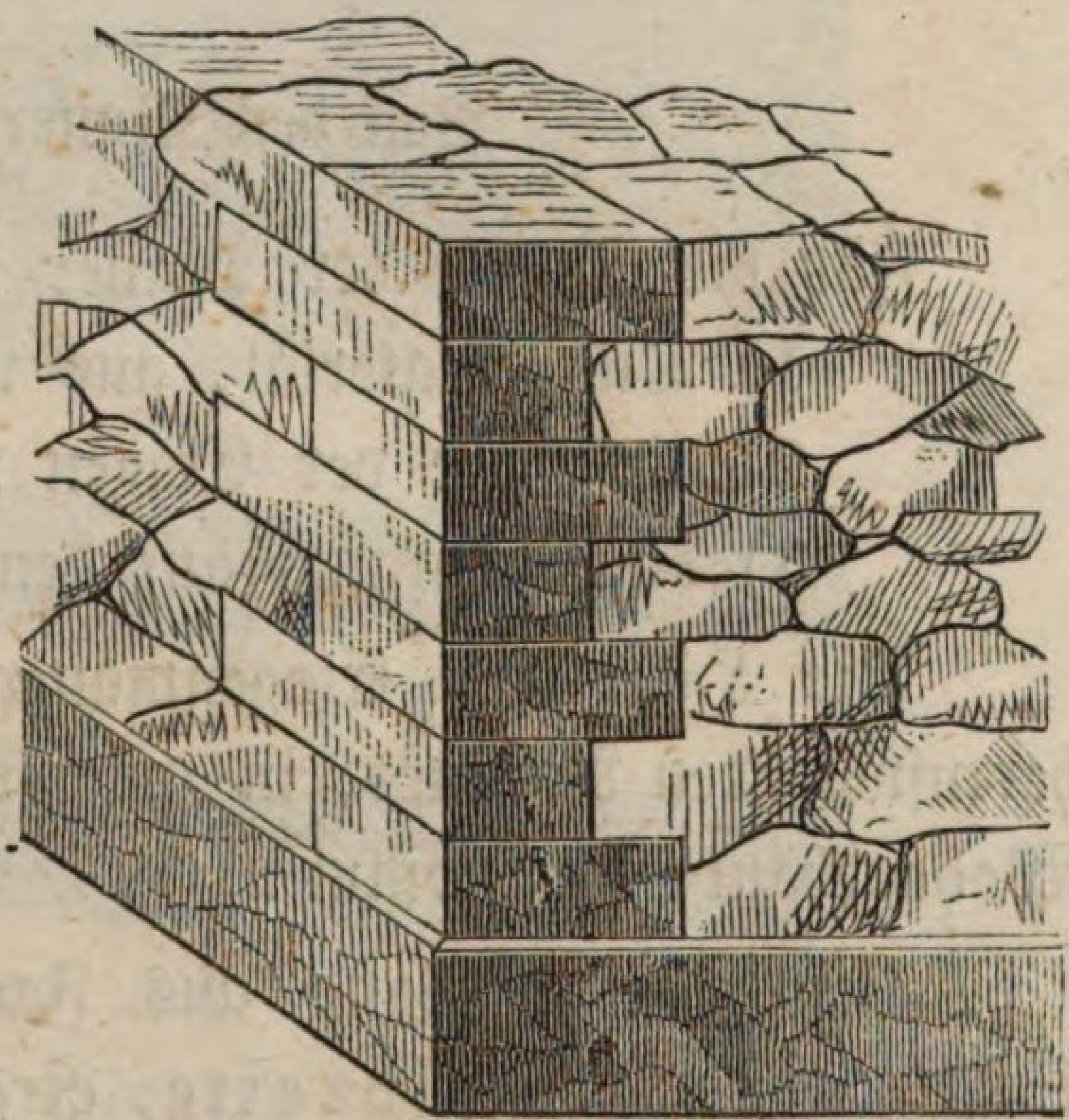
Fig. 28.



Solche gemischte Mauern sind aber, da die Bruchsteinhälfte sich mehr setzt, als die Backsteinverblendung, nicht zu empfehlen; besser würde es wiederum sein, durchgehende Backsteinschichten anzulegen.

Anstatt der Backsteine können natürlich auch regelmäßig bearbeitete Steine zu den Ecken verwendet werden.

Fig. 29.



III. Die aus Lehm oder Kalksand gestampften Wände.*)

Diese Wände werden ausschließlich zu ländlichen Bauten verwendet, und die meisten Regeln, welche bei den Lehmsteinwänden angegeben sind, finden auch hier Anwendung.

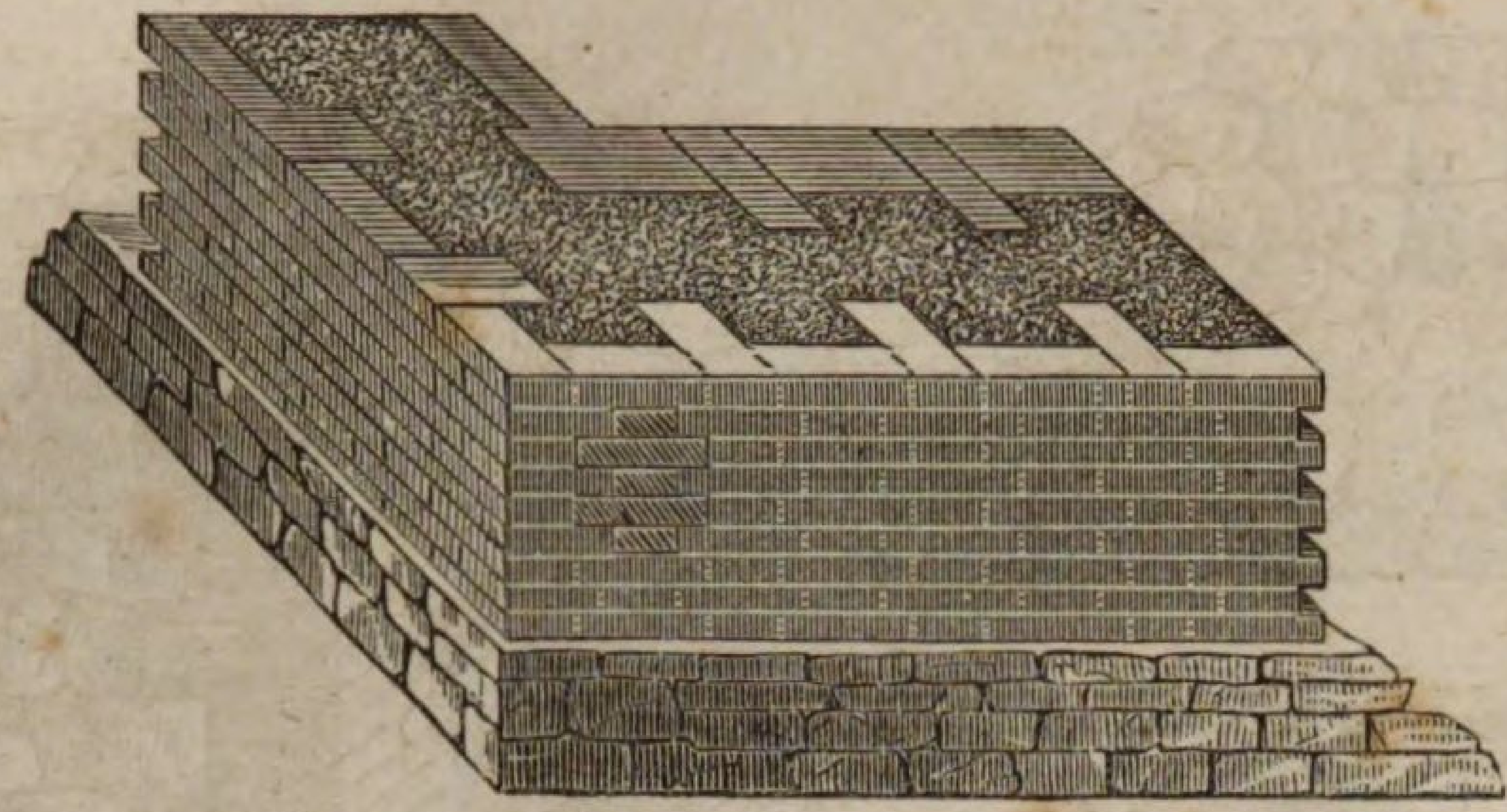
Der Lehm wird feucht in Kasten, welche später entfernt werden, gestampft.

Besser ist es die Wandungen in gebrannten Backsteinen im polnischen Verband aufzuführen und schichtweise den Lehm dazwischen zu stampfen.

---

*) Ueber die Bereitung und Verwendung siehe: Sachs, Pisé-Bau; C. Wedecke, der Bau mit gestampftem Mörtel; F. Engel, der Kalk-Sand-Pisébau ꝛc.

Fig. 30.



Die Wände, aus Kalksand gestampft, sind den Lehmwänden entschieden vorzuziehen und haben nach einigen Mittheilungen sich gut bewährt; besser sind die früher mitgetheilten Wände aus Kalkziegeln.

Von den Mauern im Allgemeinen.*)

Für die Stärke der Mauer ist maßgebend:

1) Das Material, aus welchem sie gefertigt,
2) die Höhe der Etagen und
3) die Belastung auf den Mauern.

Die Höhe der Etagenmauern richtet sich nach dem Zwecke des herzustellenden Raumes, in unserer Betrachtung werden meist bürgerliche Wohngebäude angenommen.

Besteht eine Wand aus Fachwerk, so beträgt in der Regel die Stärke eine Ziegelbreite, circa 0,12 — 0,14 ^{m} ($4\frac{1}{2}$ -- $5\frac{1}{2}$ Zoll); nur äußere Umfangsmauern, welche mehrere Etagen hoch sind und außerdem noch Schutz gegen Kälte resp. Wärme gewähren sollen, erhalten eine Ziegellänge zur Stärke, circa 0,23 — 0,26 ^{m} (9 — 10 Zoll).

Häufig wird aber auch nur $\frac{1}{2}$ Stein vorgeblendet und das Fachwerksholz wird nur $\frac{1}{2}$ Stein stark. (Fig. 31 u. 32.)

Bei massiven Mauern ist das Material zu berücksichtigen; es soll sich bei einer Mauer, die sich unter sonst gleichen Umständen befindet, die Stärke (s) bei Anwendung von:

---

*) Ueber das Mauern und Putzen siehe: Breymann, I. Theil; Menzel, praktischer Maurer.

a	b	c	d
Werk- steinen	Ziegel- steinen	lagerhaften Bruchsteinen	unregelmäßigen Bruchsteinen

verhalten wie

5 bis 6 : 8 : 10 : 15.

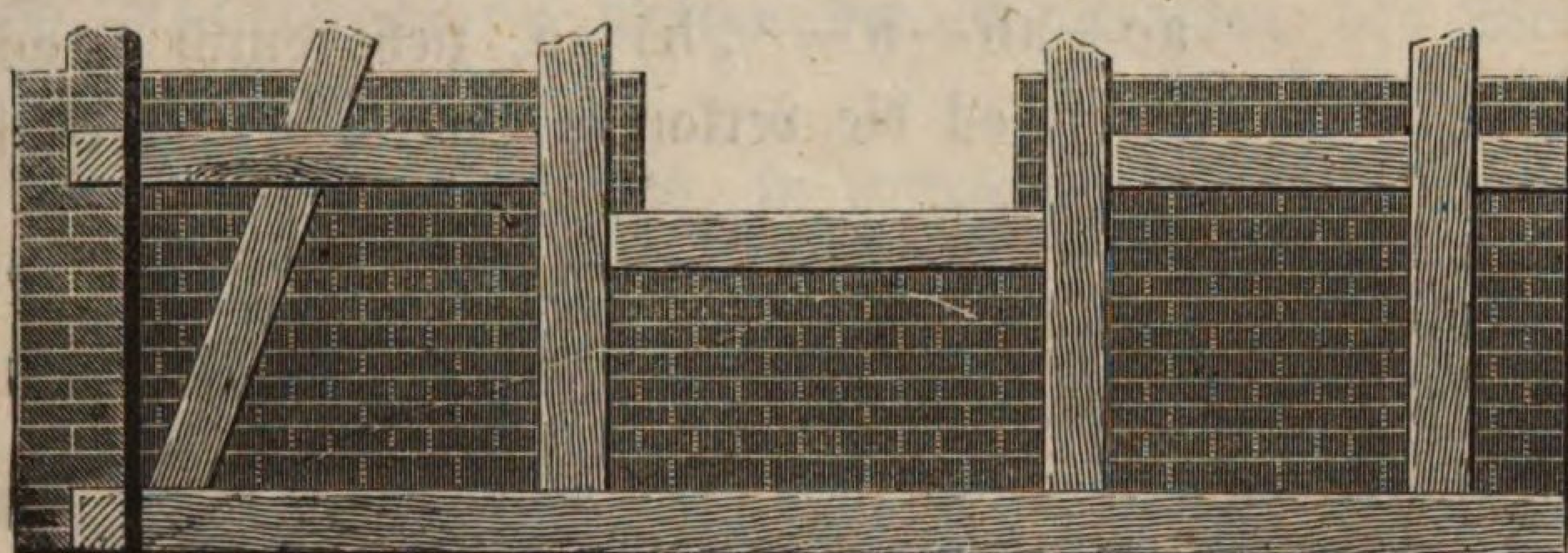
s darf eine gewisse Grenze nicht überschreiten, und soll im Minimum bei b gewöhnlich $1^1/_2$ Ziegel

bei a, wenn die Arbeit sehr sorgfältig, 26^{m} (10''),

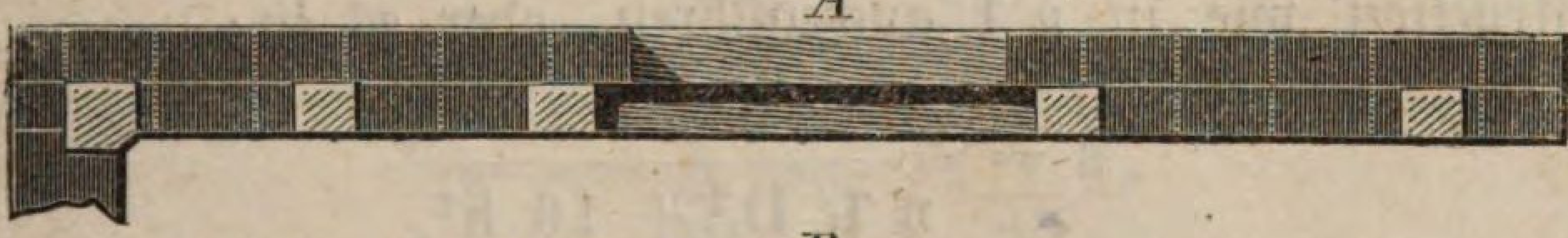
bei c desgl. mindestens 45^{cm} ($1^1/_2$'),

bei d 80^{cm} ($2^1/_4$'), oder 86^{cm} ($2^3/_4$') sein.

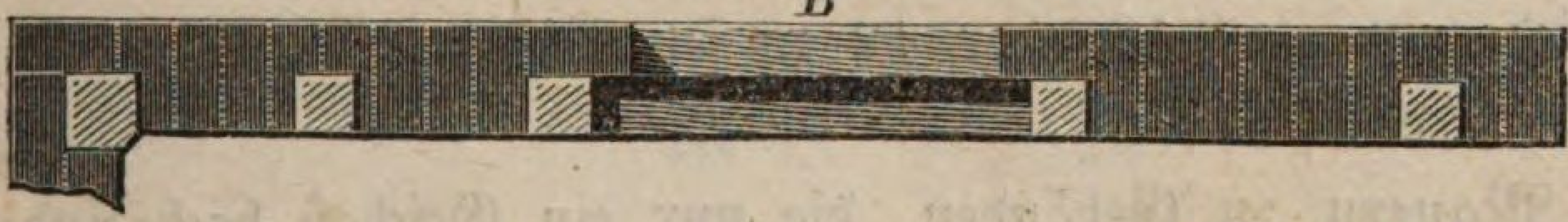
Fig. 31 — 32.



A



B



Bei nachfolgenden Angaben sind Mauern in Ziegelsteinen mittlerer Qualität und gutem Verbande in Kalkmörtel angenommen.

I. Allgemeine Regeln nach Rondelet

in Werthen, welche die Grenzen angeben, bis zu welchen man gehen darf.

Es bedeutet in Folgendem

s die Mauerstärke wie oben
l die freie Mauerlänge } in Fußen,
h die Mauerhöhe

n einen aliquoten Theil der Höhe; dessen Größe siehe unten A.

A. Freistehende Mauern. Mauern, welche an ihren Enden ohne Unterstützung:

a. für starke Mauern $s = \frac{1}{8} h$, hier also $n = 8$,
b. für mittelstarke „ $s = \frac{1}{10} h$, „ „ $n = 10$,
c. für schwache „ $s = \frac{1}{12} h$, „ „ $n = 12$.

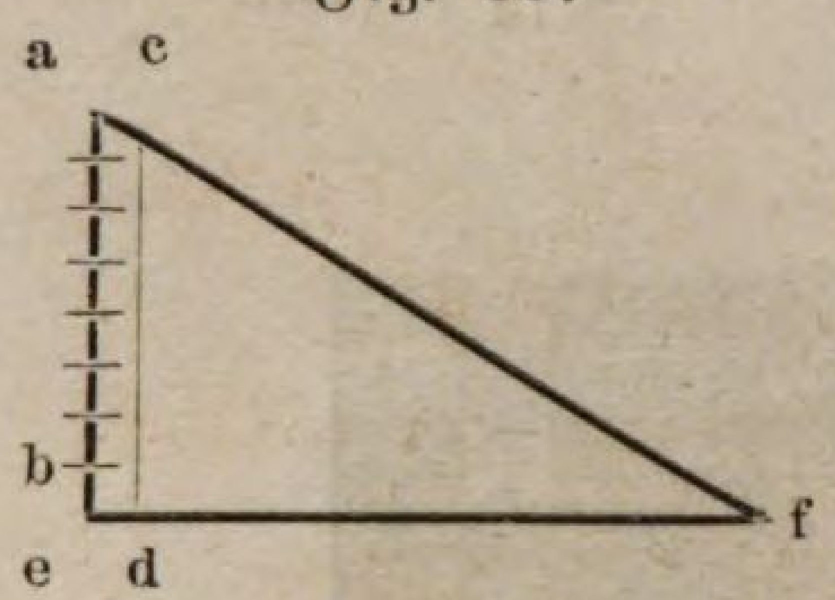
B. **Umfangsmauern.** Mauern, die an den Enden durch Quermauern gestützt werden:

a. Unbelastete.

1) Bei geradlinigen Mauern. (Fig. 33.)

Ziehe auf die Länge der Mauern $l = ef$,
„ „ die Höhe „ „ $h = ae \perp$, theile ae in 8,10 oder 12 Theile, je nachdem man A a oder b oder c haben will, trage auf af einen solchen Theil (hier $ac = ab = n = \frac{1}{8} h$) ab, ziehe durch c, cd ⫲ ae, so ist ed die verlangte Stärke s oder es ist:

Fig. 33.



$$s = \frac{l h}{n \sqrt{l^2 + h^2}},$$

wo $n = 8$, 10 oder 12 zu setzen ist.

2) Bei kreisrunden Mauern ist $ef = l = \frac{1}{12}$ der Peripherie oder $\frac{1}{4}$ des Durchmessers (D) des unbeschriebenen Kreises zu setzen und die Construction wie in a 1 auszuführen, oder es ist:

$$s = \frac{D \cdot h}{n \sqrt{D^2 + 16 h^2}},$$

wo n wiederum = 8,10 oder 12 zu setzen ist.

b. **Belastete.**

1) Mauern zu Gebäuden, die nur ein Geschoß hoch sind:

α. Sind die Mauern in ihrer Höhe nicht unterstützt, jedoch von Balken belastet, die eine Verankerung bilden, so ist für l die lichte Gebäudetiefe t zu setzen, oder:

$$s = \frac{t \cdot h}{12 \sqrt{t^2 + h^2}}.$$

β. Sind die Mauern in irgend einer Höhe unterstützt, so daß die darüberliegende Höhe h ist, so ist:

$$s = \frac{t\,(h + h_1)}{24 \sqrt{t^2 + h^2}}.$$

2) Mauern zu Gebäuden, welche mehrere Geschosse hoch sind. Ist t die lichte Gebäudetiefe, h die Höhe des obersten Geschosses bis unter das Dach, so ist:

α. wenn das Gebäude nur ein Zimmer in der Tiefe hat,

$$s = \frac{2t + h}{48},$$

β. wo das Gebäude zwei Zimmer in der Tiefe hat,

$$s = \frac{t + h}{48},$$

wo hier unter s die Stärke des obersten Geschosses zu verstehen ist.

C. Trennende Mauern, d. h. Mittelmauern, welche das Gebälk tragen:

$$s = \frac{h + t}{36}.$$

Nach Redtenbacher werden die Mauerdicken der Wohn- und Fabrikgebäude bestimmt, wenn

t die Tiefe des Gebäudes, in senkrechter Richtung auf den Dachfirst gemessen,

h, h_2 h_3 die Höhen der Stockwerke in der Richtung von oben nach unten gezählt und

e, e_2 e_3 die Mauerstärken der einzelnen Stockwerke,

$$s_1 = \frac{t}{40} + \frac{h_1}{25},$$

$$s_2 = \frac{t}{40} + \frac{h_1 + h_2}{25},$$

$$s_3 = \frac{t}{40} + \frac{h_1 + h_2 + h_3}{25} \quad \text{u. s. w.}$$

Praktische Angaben der Mauerstärken.

Die Umfangsmauern werden bei einem massiven Gebäude, wenn es nur ein Stockwerk hoch ist und keine großen Räume hat, $1\frac{1}{2}$ Stein stark gemacht. Sind aber mehrere Stockwerke vorhanden, so erhält das Dachgeschoß 1 Stein zur Stärke, und jede darunter liegende Etage noch $\frac{1}{2}$ Stein hinzu.

Bei sehr bedeutender Höhe nimmt man die mittlere Stärke von der obern und untern Mauer, welche erhalten wäre, wenn dieselbe in Geschosse getheilt wird.

Kleine Wohngebäude auf dem Lande erhalten eine Ziegelstärke Wand; einstöckige Gebäude wie Scheunen, Remisen einen Stein, aber unter jedem Dachbinder eine Vorlage von 1 — $2\frac{1}{2}$ Stein Länge und $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Stein Breite.

Sind in Gebäuden von zwei oder mehreren Etagen große Treppenhäuser, so müssen die daran stoßenden Umfassungsmauern in der ganzen Höhe $^1/_2$ Stein stärker gemacht werden, als die mittlere Stärke angiebt.

Hohe Wände mit Pultdächern, stehen sie frei, so werden sie bei Stuhlwänden einen Stein stark, fehlen letztere, so daß die Wand ganz massiv ist, so muß sie durchweg $1^1/_2$ — 2 Stein stark sein. Nichtfreistehende Pultdächer werden wie Grenzgiebel betrachtet.

Die Seiten und Giebelmauern können, da sie keine Belastung durch die Balkenlager 2c. erhalten, $^1/_2$ Stein schwächer angelegt werden, als die Frontmauern; auch können mehrere Etagen gleiche Stärke erhalten.

Unter einem Stein dürfen freistehende Giebel, der durchschlagenden Feuchtigkeit wegen, nicht angenommen werden.

Giebelmauern, welche Walme tragen, werden wie Frontmauern behandelt.

Gemeinschaftliche Giebelmauern (solche, welche bei 2 aneinander stehenden Gebäuden die Scheidewand bilden) können 1 Stein stark werden.

Scheidemauern erhalten, falls sie von Balken 2c. keine Belastung empfangen, durch mehrere Stockwerke nur 1 Stein zur Stärke; nur bei hohen Sälen, Treppenhäusern 2c. ist eine entsprechende größere Stärke nöthig.

Häufig werden die Scheidemauern auch durch eine Fachwerkswand gebildet. In Berlin erhalten die Scheidemauern, wenn sie nicht über 5,6^{m} (18′) sind und mit guten Ziegeln in verlängertem Cementmörtel bei guter Verankerung ausgeführt werden, bei 3 Stockwerk hohen Gebäuden in sämmtlichen Stockwerken eine Stärke von $^1/_2$ Stein. Für die Thüröffnungen, welche man gewöhnlich übereinander anlegt, werden je zwei Stiele eingefügt, die von Geschoß zu Geschoß reichen (Hirnholz auf Hirnholz) und von den Balken der Geschosse zangenartig eingefaßt und gehalten werden.*)

Den Mittelwänden muß man eine hinreichende Stärke geben, da auf ihnen die sämmtlichen Balken ruhen; besonders eignet sich die Mittelwand vermöge ihrer Stärke zur Aufnahme von Schornstein- und

*) Siehe Architecten-Kalender.

Ventilationsröhren. Wenn nur eine Mittelwand vorhanden ist, so erhält sie dieselbe Stärke der Umfassungsmauer; die geringste Stärke im Erdgeschoß ist $1/2$ Stein schwächer, als die der Umfassungsmauer.

Sind zwei Mittelmauern vorhanden, so kann eine jede derselben durch alle Stockwerke $1\,1/2$ Stein zur Stärke erhalten, und befindet sich eine Mittelmauer in der Mitte des Gebäudes, die andere aber so, daß die Entfernung von der nächsten Umfassungsmauer nicht mehr als $4{,}7^{m}$ (15′) beträgt, so kann die Stärke der mittelsten Mittelmauer $1\,1/2$ Stein, die der anderen 1 Stein betragen.

Die Brandmauern, welche Feuerungen einschließen, werden $1\,1/2$ Stein stark gemacht.

Die Stärke der Thurmmauern wird in der Art bestimmt, daß die ganze Höhe in Etagen von $3{,}8 - 4{,}7^{m}$ (12 — 15′) getheilt wird, hiervon erhält dann die oberste Etage $1\,1/2$ Stein zur Stärke und jedes tieferliegende Stockwerk $1/2$ Stein mehr.

Die bisher betrachteten Mauern liegen alle über der Erde, und führen den Namen Geschoßmauern.

Der Mauertheil in der Erde, welcher bis zum Parterrefußboden geht, heißt Grundmauer.

Der Parterrefußboden liegt mindestens circa $0{,}5^{m}$ ($1\,1/2$′) über dem Terrain, damit die Erdfeuchtigkeit nicht so sehr in die Wohnung eindringen kann.

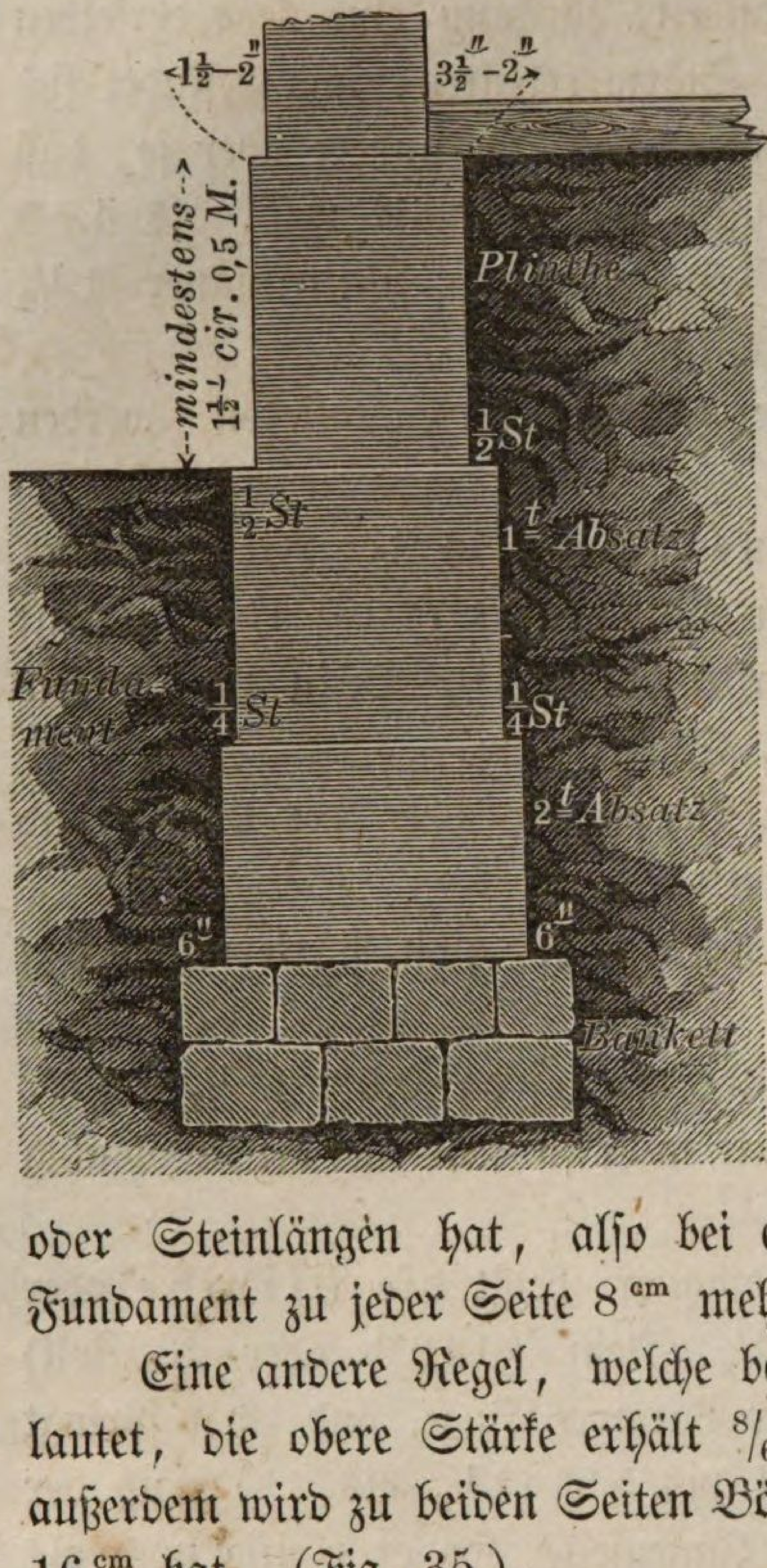
Dieser sichtbare Theil der Grundmauer heißt die Plinthe oder der Sockel. Die Plinthe wird $1/2$ Stein (0,13^{m} oder 5 Zoll) stärker gemacht, als die Mauerstärke der Parterre-Etage, und zwar springt sie, des Sockelgesimses wegen, nur 4 bis 5^{cm} ($1\,1/2$ bis 2″) nach der Außenseite vor und der Rest nach der Innenseite, wo er häufig noch als Auflager der Balken oder Lagerhölzer dient. (Fig. 34.)

Der Theil, welcher, von der Terrainoberfläche an, in der Erde steht, heißt das Fundament, welches zu jeder Seite $1/2$ Stein stärker ist, als die Plinthe.

Was die Tiefe der Fundamente anbetrifft, so muß sie, des Frostes wegen, auf jedem Falle $1 - 1\,1/4^{m}$ (3 — 4′) betragen. Im Uebrigen richtet sich die Tiefe nach der Festigkeit des Baugrundes. Es giebt Kirchenthürme, welche nur $1\,1/2$ Meter tiefe Fundamente haben da sie auf festem, gewachsenem Boden stehen; andere leichtere Gebäude hingegen erfordern, wo sie auf sehr weichem, also schlechtem Grunde stehen,

tiefere Fundamente. Bei unsern Betrachtungen ist im Allgemeinen guter fester Baugrund angenommen.

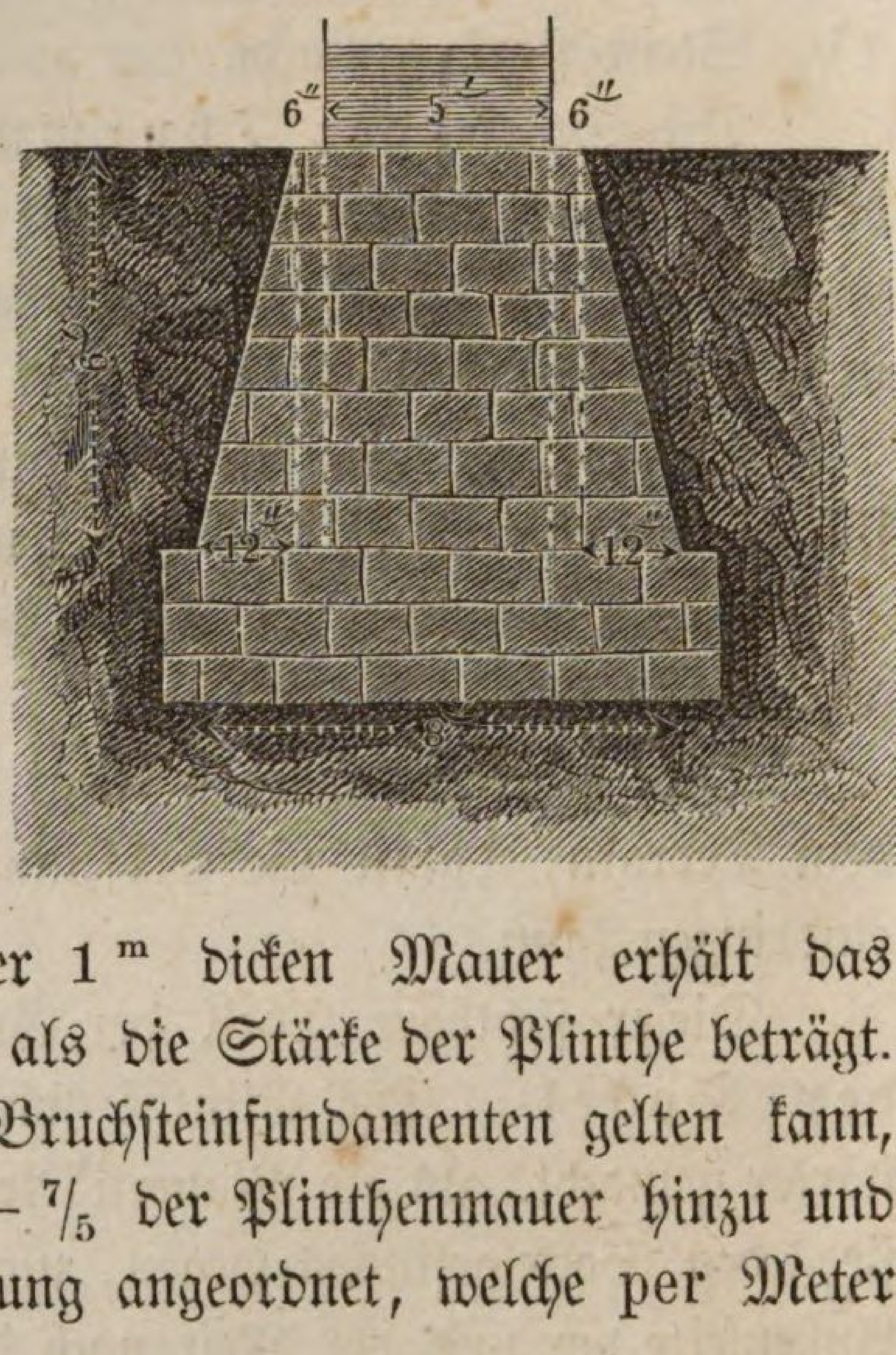
Fig. 34.



Ueber die Breite der Fundamentmauern sagen einige praktische Mauerregeln:

Die Fundamentmauer erhalte oberhalb zu jeder Seite noch ebensoviele 8 cm, wie die darauf ruhende Mauer Meter

Fig. 35.



oder Steinlängen hat, also bei einer 1 m dicken Mauer erhält das Fundament zu jeder Seite 8 cm mehr, als die Stärke der Plinthe beträgt.

Eine andere Regel, welche bei Bruchsteinfundamenten gelten kann, lautet, die obere Stärke erhält $^{8}/_{6}$ — $^{7}/_{5}$ der Plinthenmauer hinzu und außerdem wird zu beiden Seiten Böschung angeordnet, welche per Meter 16 cm hat. (Fig. 35.)

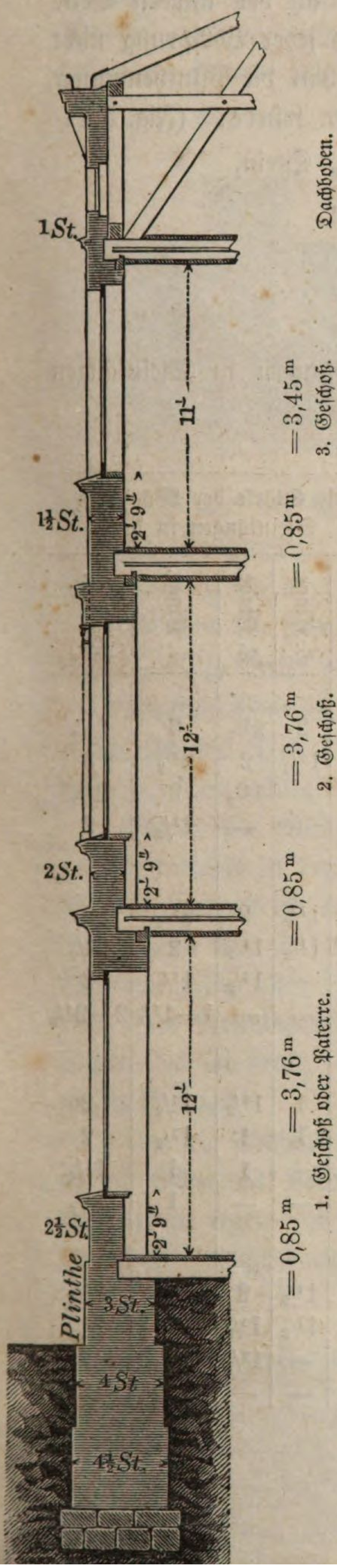
Backstein-Mauern werden abgetreppt, wogegen Bruchstein-Mauern eine Dossirung erhalten.

Bei nachfolgenden Tiefen erhalten die Fundamente:

	1	bis $1^1/_4$ m	(circa 3 bis 4 Fuß)	einen Absatz	entweder ½ Stein zu jeder Seite oder ¼ Stein.
(Fig. 34.)	$1^1/_4$	„ $2^1/_2$ m	(„ 4 „ 8 Fuß)	zwei Absätze	
	$2^1/_2$	„ $3^3/_4$ m	(„ 8 „ 12 Fuß)	drei Absätze	

Jedes Fundament ruht noch auf einer Sohle oder einem Bankett (Fig. 34.) von 0,3 bis 0,6 m Höhe (1—2') und 0,15 cm (6") Ueberstand zu jeder Seite. Das Bankett kann sowohl aus Backsteinen, wie aus Bruchsteinen gefertigt werden.

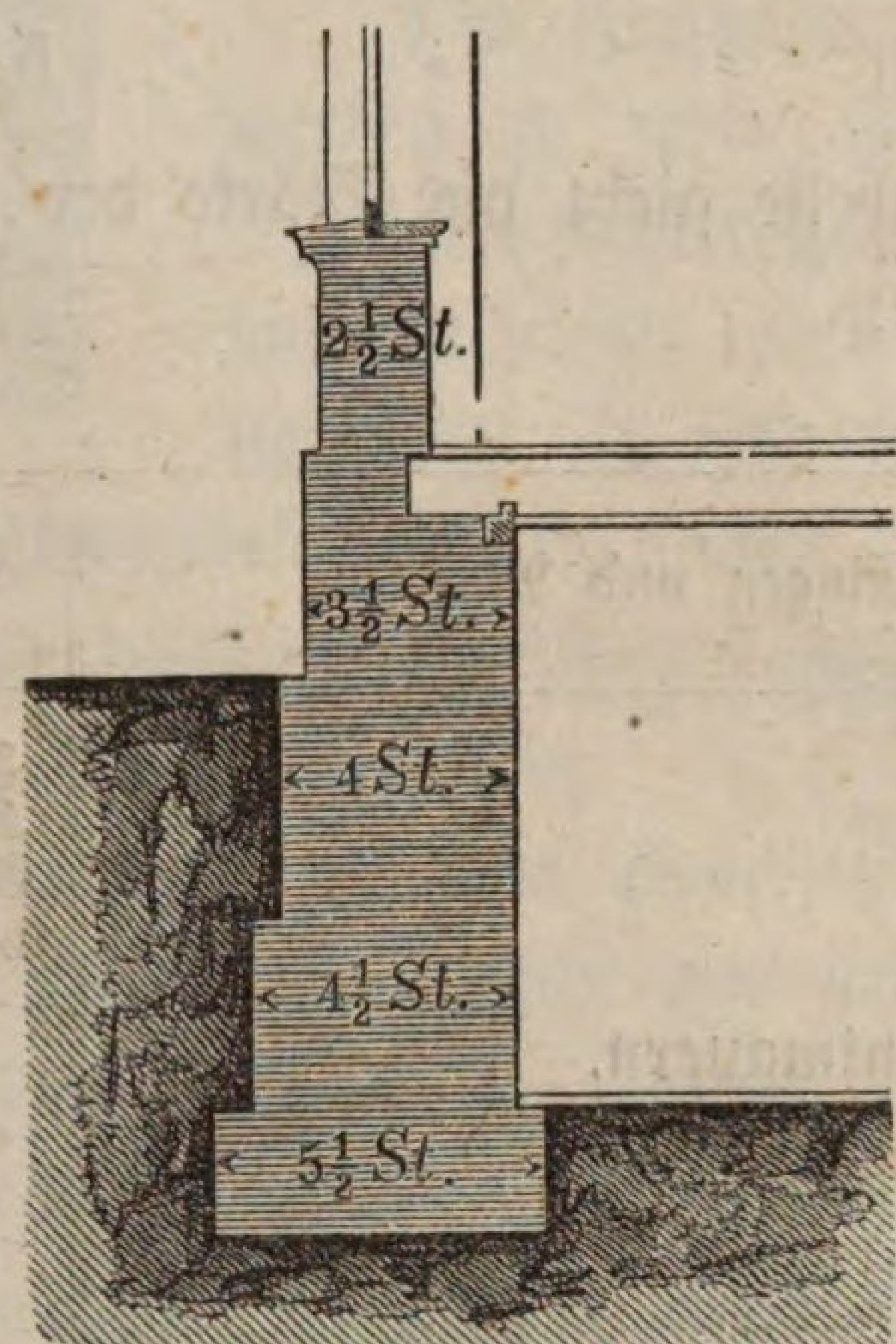
Fig. 36.



Aufgabe:

Ein Gebäude habe außer dem Dachgeschoß incl. der Parterreetage, drei Geschosse, die Plinthe sei 1 m hoch, und das Fundament habe eine Tiefe von 2 m, wie stark ist die Mauer in den verschiedenen Höhen?

Fig. 38.

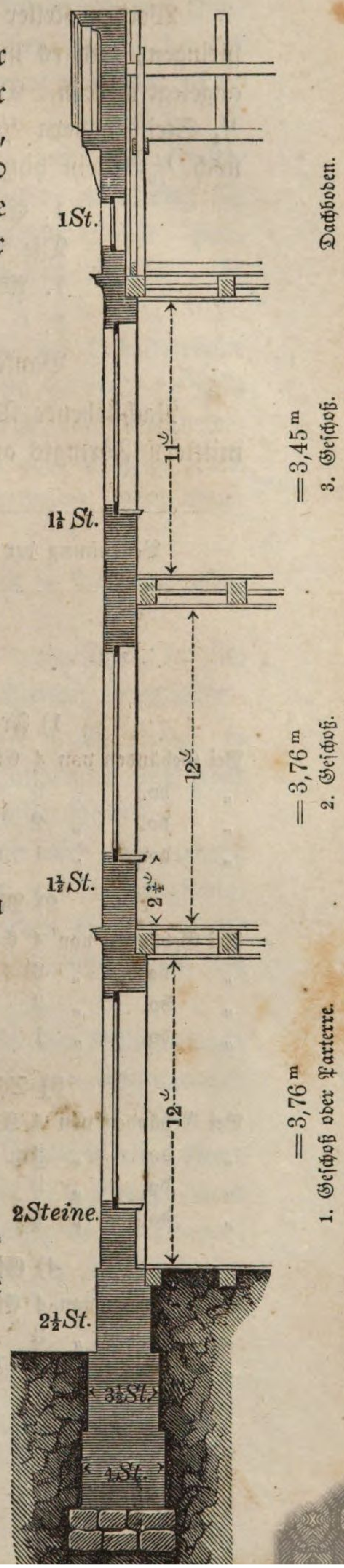


Antwort: (Fig. 36.)

Dachgeschoß . . . . 1 Stein
3. Geschoß . . . . . 1½ "
2. " . . . . . 2 "
1. " od. Parterre 2½ "
Die Plinthe . . . . 3 "
oberer Theil des Fundaments od. 1. Absatz 4 "
2. Absatz . . . . . . 4½ "
Bankett . . . . 5½ "
oder pr. Stein incl. Fuge 29 cm (11'') giebt eine Bankettbreite von 2,40 m (5' ½''.)

(Fig. 37 zeigt die Giebelwand in ihren Stärken.)

Fig. 37.



Werden Keller angelgt, so dürfen keine Absätze nach Innen vorspringen, und es müssen sämmtliche Absätze nur an der äußern Seite angelegt werden. Demnach muß natürlicher Weise jeder Vorsprung nicht $^1/_4$ Stein sondern $^1/_2$ Stein betragen, außerdem erhält die Plinthenmauer noch $^1/_2$ Stein hinzu, so daß obige Antwort heißen würde: (Fig. 38.)

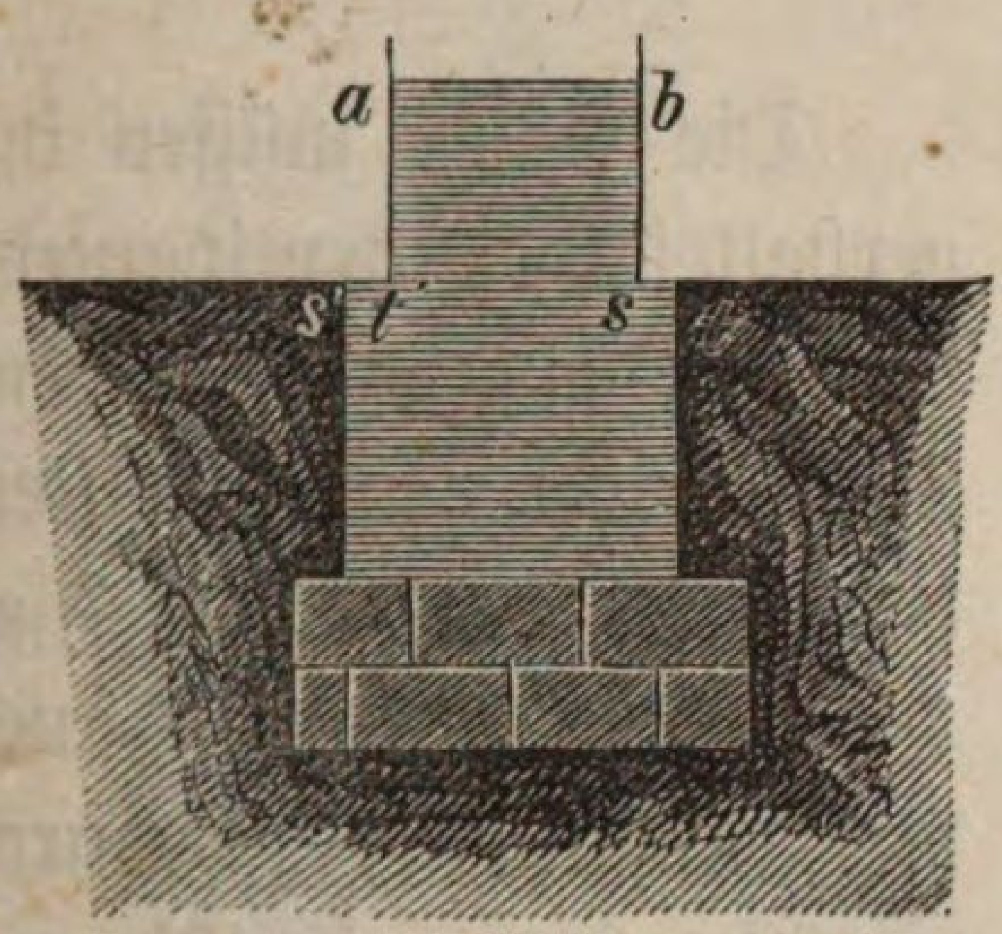
1. Etage oder Parterremauer	$2^1/_2$	Stein,
Die Plinthe	$3^1/_2$	„
1. Absatz des Fundamentes .	4	„
2. „ „ „ .	$4^1/_2$	„
Bankett „ „ .	$5^1/_2$	„

Nachstehende Tabelle giebt die Stärke der Mauern in Steinlängen mittlern Formats an:

Benennung der Etagen und Mauern.	Die Stärke der Wände in Steinlängen in der 4. Etage.	3. Etage.	2. Etage.	1. Etage.	Plinthe.
1) Frontmauern.					
Bei Gebäuden von 4 Etagen	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3	$3^1/_2$
„ do. „ 3 „	—	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3
„ do. „ 2 „	—	—	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$
„ do. „ 1 „	—	—	—	$1^1/_2$	2
2) Mittelwände.					
Bei Gebäuden von 4 Etagen	$1^1/_2$	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3
„ do. „ 3 „	—	$1^1/_2$	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$
„ do. „ 2 „	—	—	$1^1/_2$	$1^1/_2$	2
„ do. „ 1 „	—	—	—	$1-1^1/_2$	$2-2^1/_2$
3) Scheidewände.					
Bei Gebäuden von 4 Etagen	1	1	$1^1/_2$	$1^1/_2$	2
„ do. „ 3 „	—	1	1	$1^1/_2$	2
„ do. „ 2 „	—	—	1	1	$1^1/_2$
„ do. „ 1 „	—	—	—	1	$1^1/_2$
4) Giebelwände.					
Bei Gebäuden von 4 Etagen	$1^1/_2$	$1^1/_2$	2	2	$2^1/_2$
„ do. „ 3 „	—	$1^1/_2$	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$
„ do. „ 2 „	—	—	$1^1/_2$	$1^1/_2$	2
do. „ 1 „	—	—	—	$1^1/_2$	2

Zu bemerken ist bei dieser Tabelle noch, daß die Stärke des Fundaments von der Terrainoberfläche an $^1/_2$ Stein größer ist, als die der Plinthe, und alsdann die Abtreppung resp. Dossirung nach den obengenannten Regeln folgt.

Fig. 39.



Die Fundamente der ganz freistehenden Mauern erhalten zweckmäßig $^1/_2$ der oberen Mauerdicke zur Stärke, hierzu kommt dann noch das Bankett. Es wäre demnach st = $^1/_4$ a b. (Fig. 39).

Die Fundamente der Scheidewände werden zu jeder Seite 0,065 ^{m} ($2^1/_2$ '') $^1/_4$ Stein stärker gemacht, als die Scheidemauern selbst; werden aber Gewölbe gegen sie gelegt, so sind die weiter unten angegebenen Regeln der Gewölbestärken anzuwenden.

Die Fundamente der freistehenden Pfeiler müssen so breit wie möglich und stark abgetreppt oder dossirt sein.

Werden die Fundamentmauern aus Bruchstein ausgeführt, so sind diese $^1/_6$—$^1/_5$ stärker zu machen, als solche aus Backsteinen hergestellte.

Werden künstliche Fundirungen angewendet, wie z. B. Roste, so richtet sich die Tiefe des Fundaments nach dem Grundwasser und zwar muß der Rost mindestens 0,3 ^{m} (1 ') stets unter Wasser bleiben.[1]

Durch die Anlage der Keller und Souterrains wird man häufig genöthigt tiefer in den festen Baugrund einzudringen, als die Tragfähigkeit des Bodens es erfordert; die Kellermauern werden bis zur Sohle des Kellers senkrecht und alsdann folgt unter der Kellersohle noch das Bankett. (Fig. 38.)

Das Grundwasser darf aber nie in der Höhe der Kelleranlagen liegen, es sei denn, daß durch besondere Maßregeln das Grundwasser abgehalten wird.

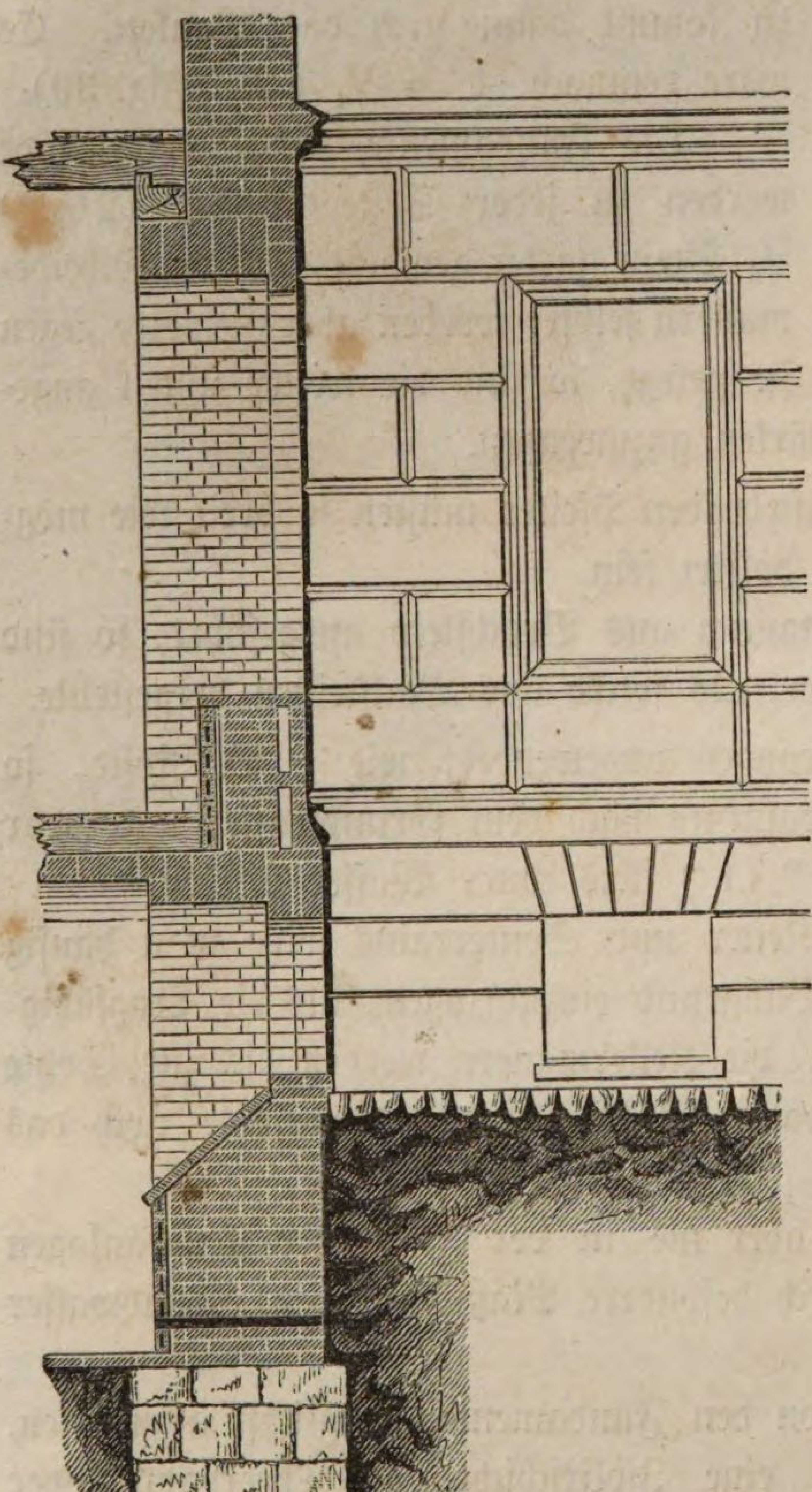
Um die Erdfeuchtigkeit von den Fundamenten möglichst abzuhalten, ist es unbedingt nothwendig, eine Isolirschicht von Theerpappe oder Asphalt zu legen. Dieselbe bedeckt den ganzen Querschnitt der Mauer; außerhalb genügt dann auch eine dicke Cementschicht. (Fig. 40).

---

1) Siehe Näheres Abtheilung 7 dieses Bandes.

Ebenfalls erhält man möglichst trockene Fundamente, wenn die Erdfeuchtigkeit nicht direct auf das Mauerwerk einwirken kann, sondern durch flache Bögen, wie Fig. 41 und 42 zeigt, abgehalten wird. Um die Zwischenräume zwischen den Bögen und Mauern stets trocken zu halten, wird durch Canäle (b) äußere Luft zugeführt; (a) ist die Isolirschicht.

Fig. 40.



Die Wände müssen innerhalb schließlich mit gutem Cemente abgeputzt werden. Die früher mitgetheilten hohlen Wände (Siehe Fig. 7 bis 10) lassen sich auch hier anwenden, wodurch das Austrocknen des Mauerwerks noch beschleunigt wird; außerdem können noch die inneren Wände mit Hohlsteinen verblendet werden. (Siehe Fig. 14 und 15.)

Ist man gezwungen die Fundamente unter den niedrigsten Grundwasserstand einzusenken, so wird das Eindringen des Grundwassers durch umgekehrte Erdbögen verhindert. Die Erdbögen können sowohl aus Backsteinen (Fig. 43) als auch aus Beton (Fig. 44) gefertigt werden, auch lassen sich beide Methoden (Fig. 45) vereinigen.

In allen Fällen werden zwischen den Bögen Isolirschichten (a), aus Asphalt oder Cement, hergestellt. Um die Wände vor Seitennässe zu bewahren, können außerdem noch Bögen (wie in Fig. 41 und 42) oder Luftschichten (b) (Fig. 44) angelegt werden. Die Herstellung ausschließ-

Fig. 41.

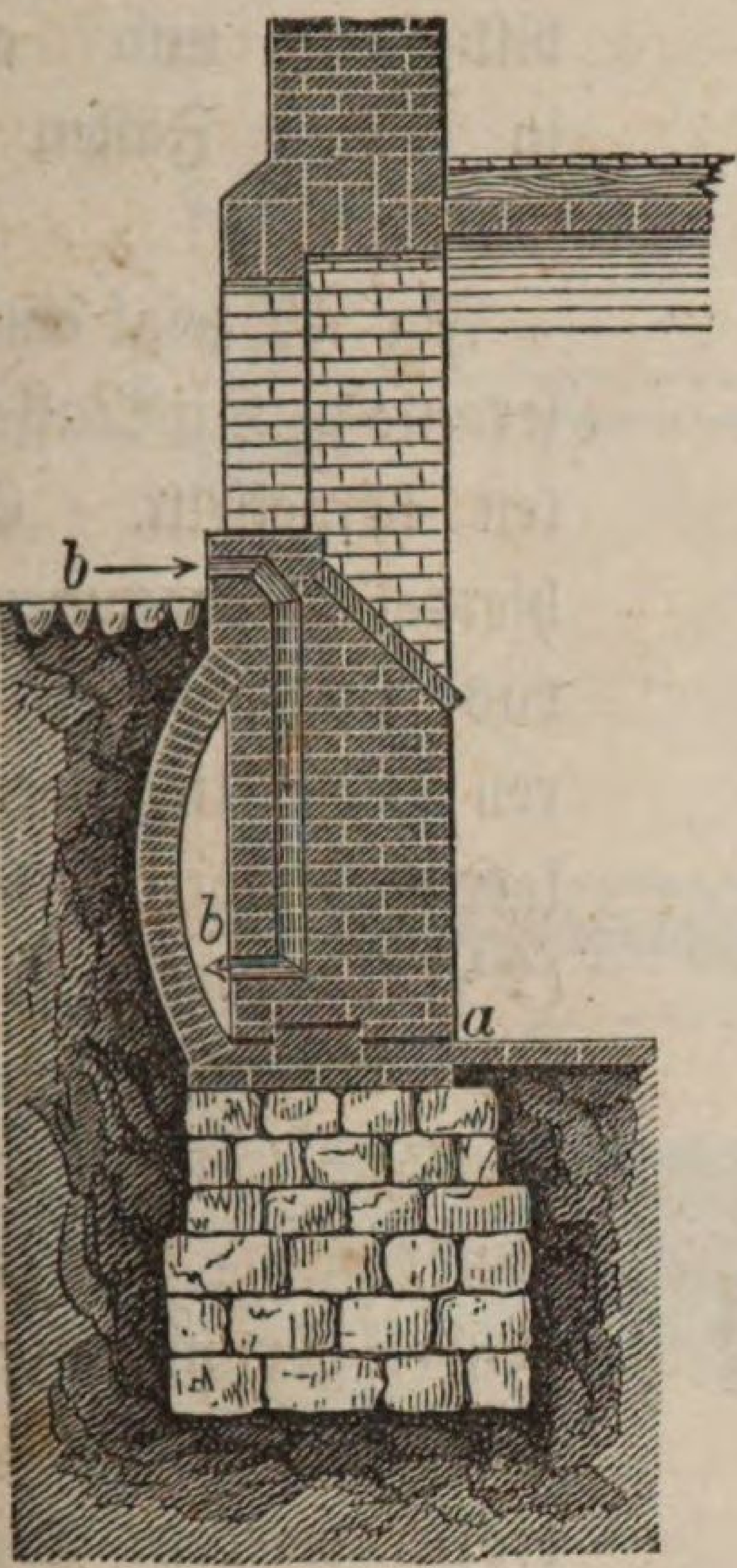


Fig. 42.

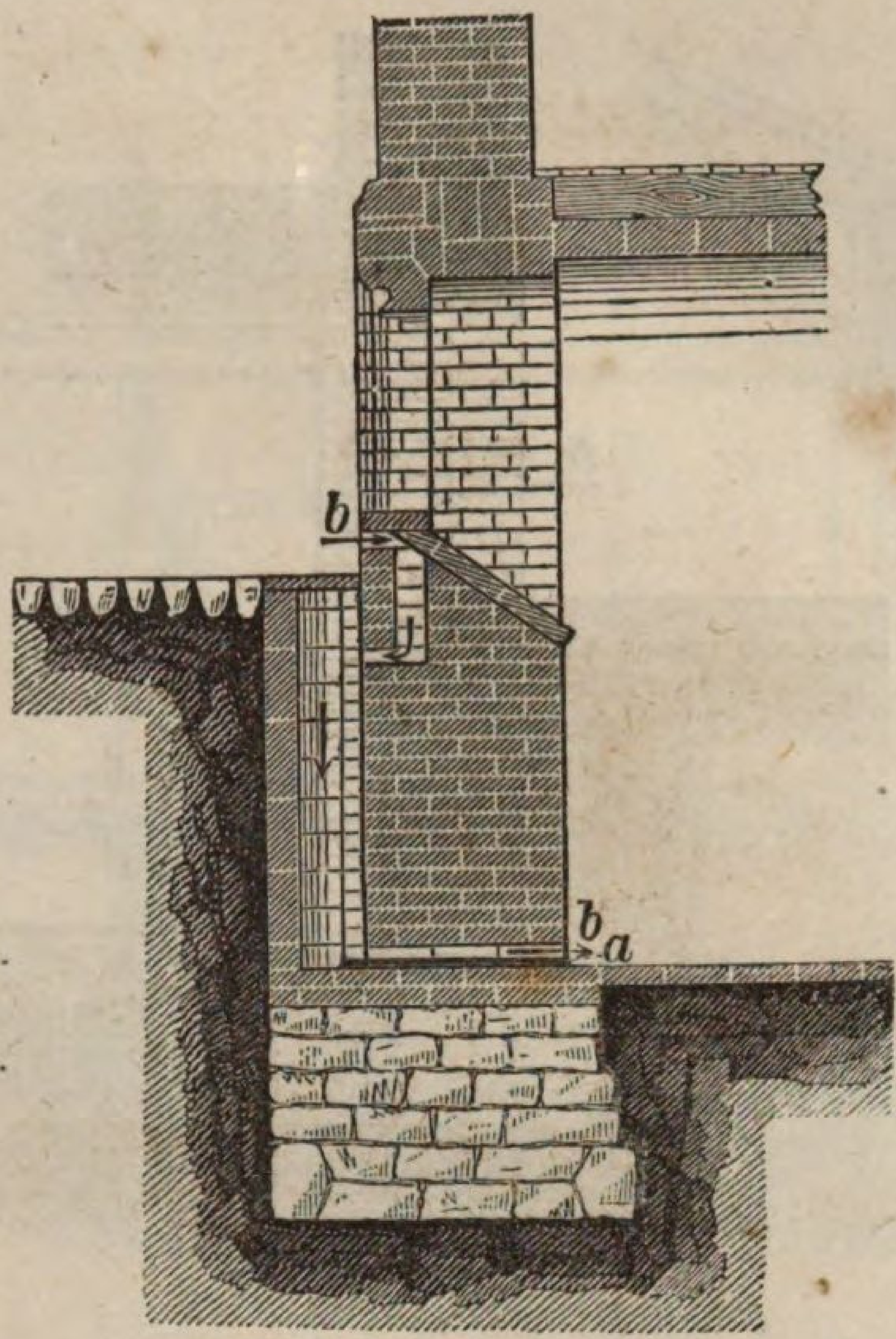


Fig. 43.

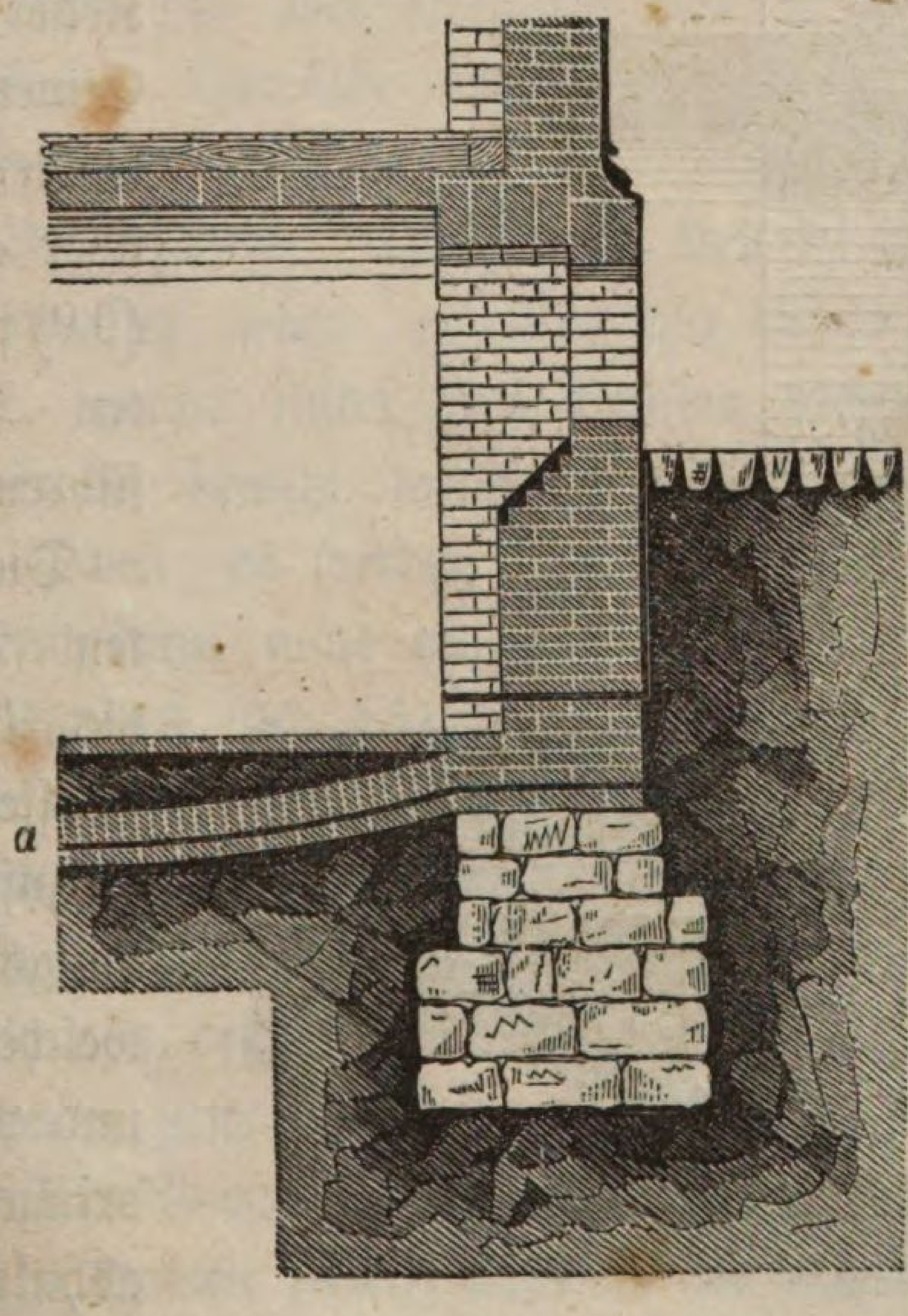


Fig. 44.

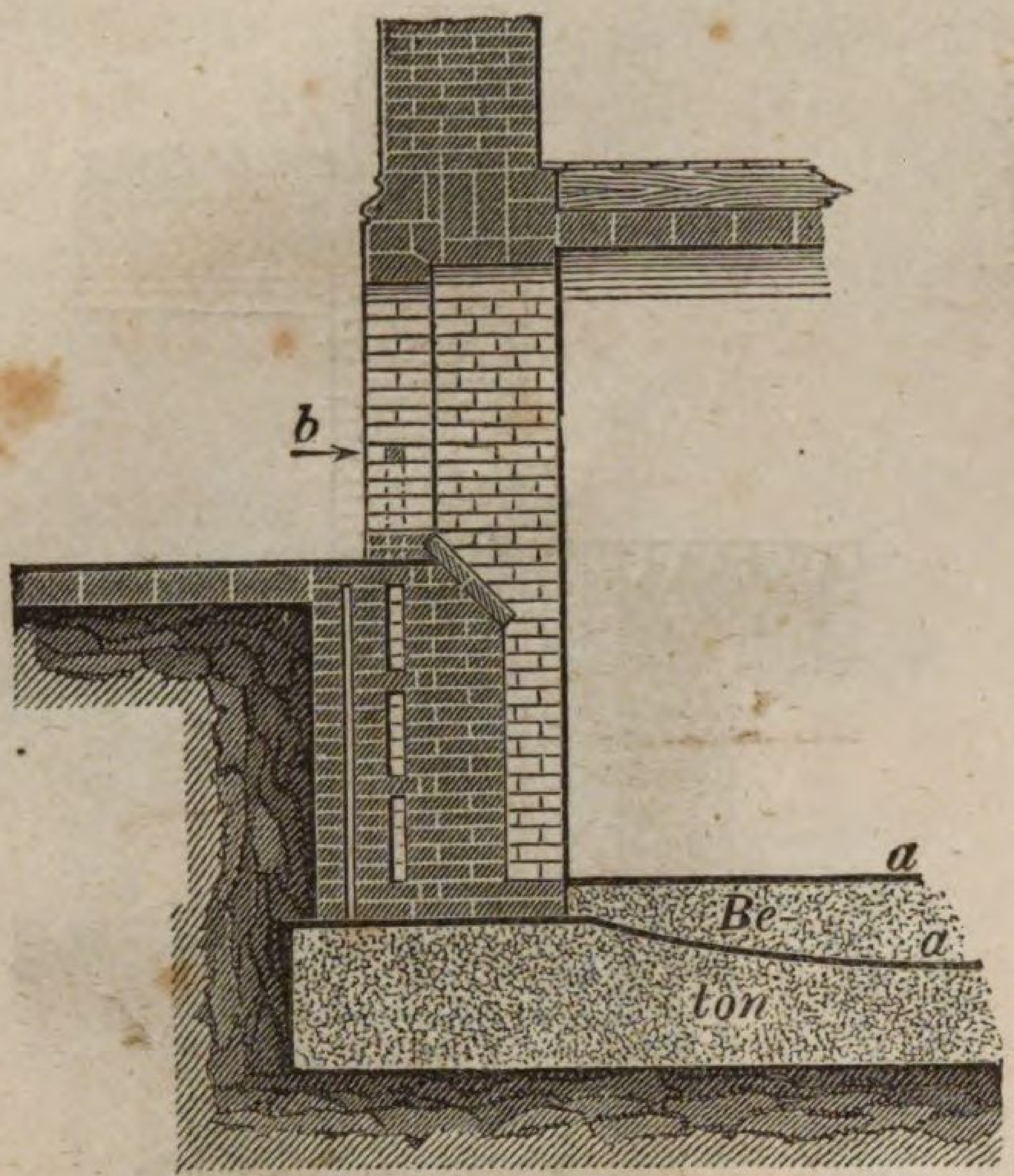
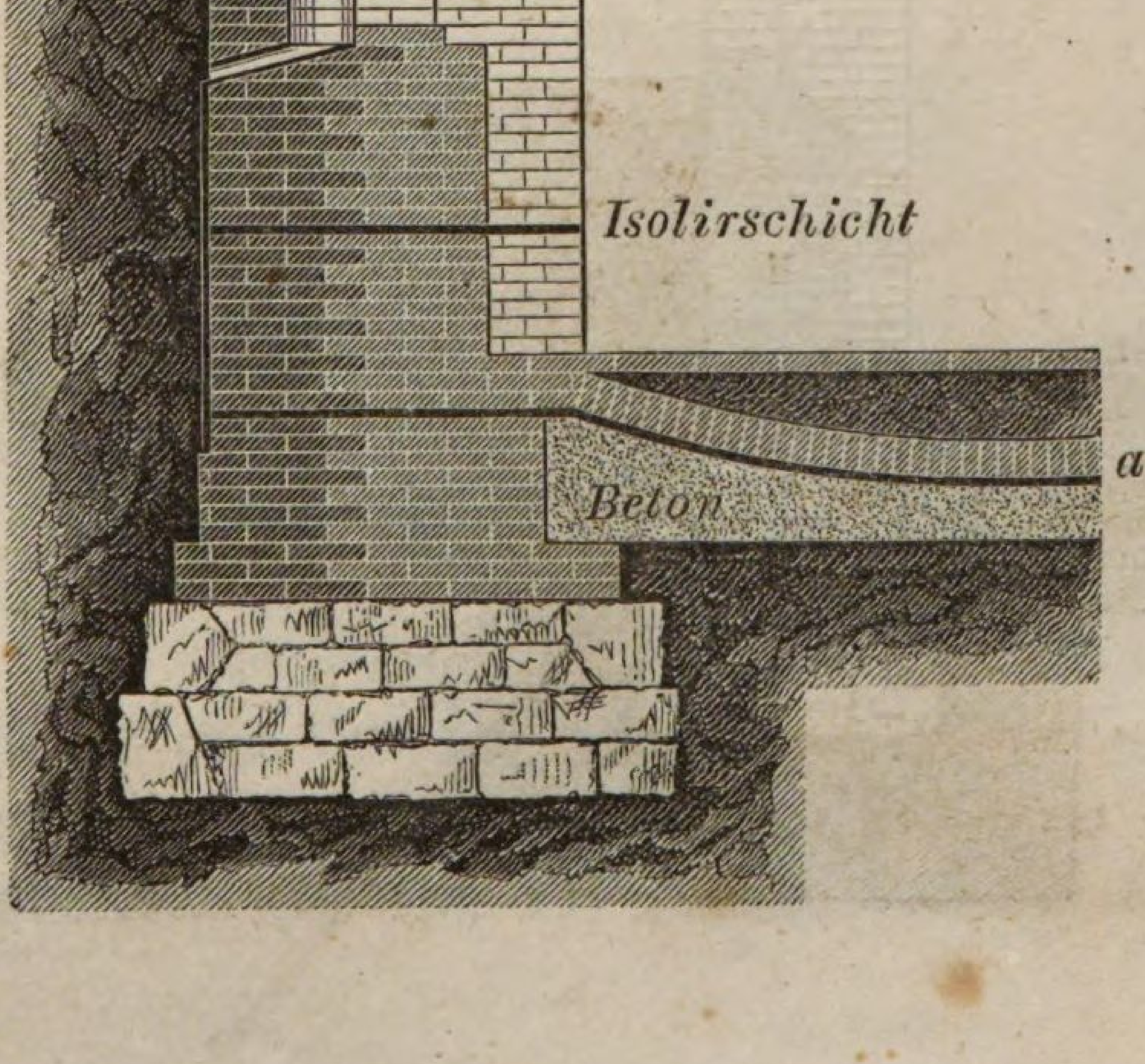


Fig. 45.

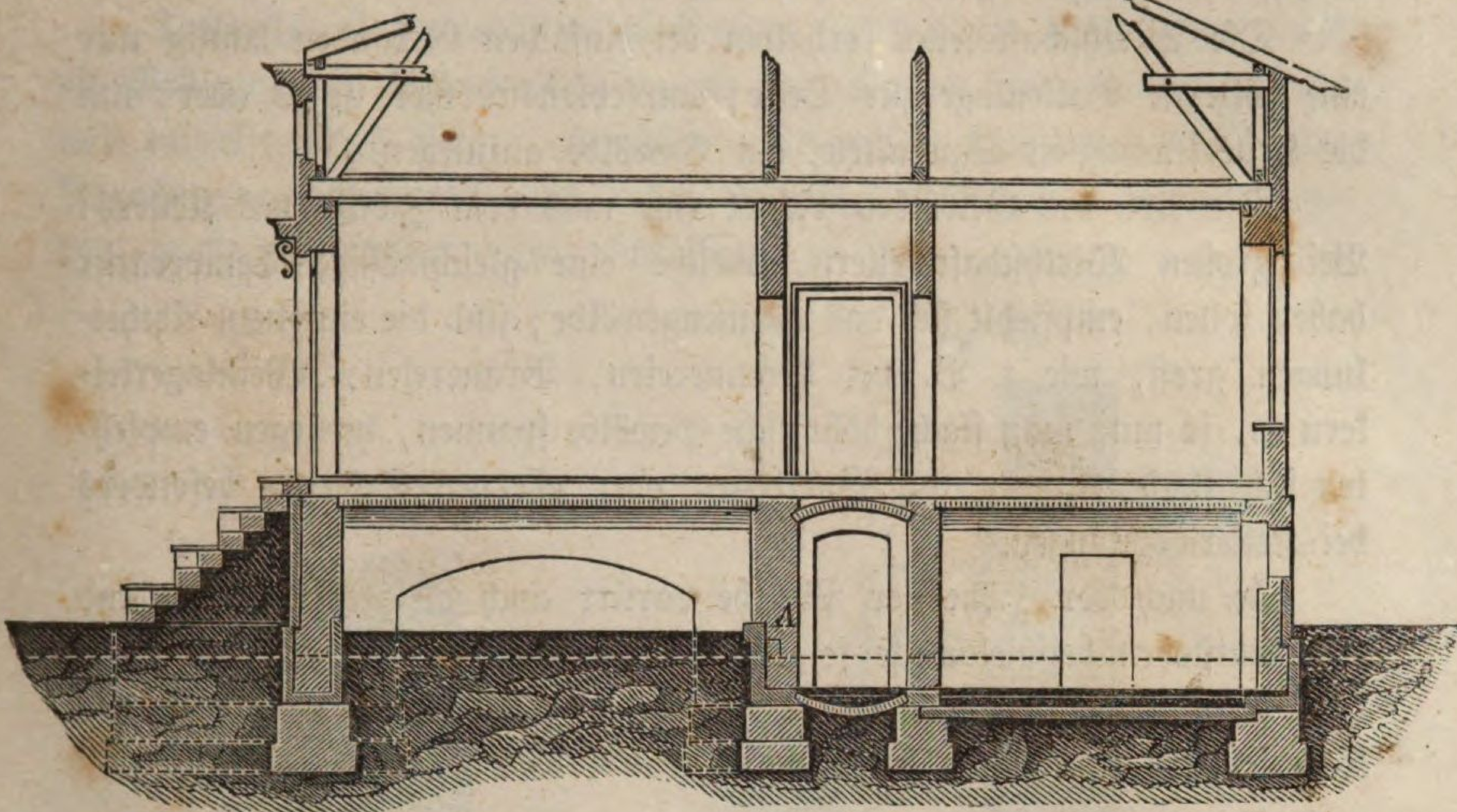


lich mit Beton ist am billigsten und genügt in vielen Fällen vollständig.

Fig. 46 zeigt eine Kelleranlage, mit Wasserdichten hergestellt. Es ist hierbei angenommen, daß das Pflaster der hinteren, tiefer liegenden Kellerräume circa 0,75 m ($2\frac{1}{2}$ ') unter dem höchsten Wasserstande liege. Deshalb muß gegen das Eindringen des aufsteigenden Grundwassers besondere Vorkehrung getroffen werden. Wie aus Fig. 46 zu ersehen ist, sind die tieferliegenden Keller mit umkehrten, in Cement gemauerten Gewölben versehen, welche über einer circa 0,24 m (9 ″) starken, festgestampften Thonschicht auszuführen sind.

Die dunkler schraffirten Theile stellen das bis über den höchsten Wasserstand in Cement aufzuführende Verblendungsmauerwerk dar, welches das aufsteigende und von den Seiten eindringende Grundwasser abhalten soll.

Fig. 46.



In den vorderen Kellern, welche bis über den höchsten Wasserstand mit Erde angefüllt werden, sind zur Ersparniß die umgekehrten Gewölbe weggelassen; es lassen sich aber ebenfalls hier in gleicher Weise, wie bei den hinteren Kellern, Gewölbe anbringen, wodurch der Raum nutzbar wird.

A ist eine Isolirschicht. Dergleichen Keller, welche mit der Sohle unter dem Grundwasser stehen, erhalten am besten gewölbte Decken.

Kellerräume, welche unter dem höchsten Grundwasserstande liegen und als Comptoir ꝛc. benutzt werden, müssen absolut wasserdicht sein und trockne Luft haben; es werden dann Backstein- und Betonerdbögen angelegt; außerdem kann man die Ausfüllung zwischen dem Erdbogen und Fußboden (Fig. 43 und 45) weglassen, und anstatt dessen Canäle anordnen, welche von dem Fußboden abgedeckt werden.

Diese Canäle können mit einem Ofen in Verbindung stehen, so daß zu jeder Zeit die schlechte und feuchte Luft zu entfernen ist; ferner müssen die Canäle mit der äußern Luft in Verbindung gebracht werden, sowie mit Schiebern, zum Regulieren des Luftzuges, versehen sein.

Bei den Kelleranlagen kommt es darauf an, ob die Kellerräume auch Wohnungen enthalten sollen, oder ob sie nur als Wirthschaftskeller

zu benutzen sind. Im letzteren Falle gebrauchen sie nicht viel Luft und bedingen in Folge dessen kein hohes Souterrain.

Die Wirthschaftskeller erhalten bei einfachen Gebäuden häufig nur eine hölzerne Balkenlage zur Decke; empfehlenswerther ist es aber, um die Kellerfeuchtigkeit abzuhalten, ein Gewölbe anzulegen.

Die Art des Gewölbes richtet sich nach dem Zwecke des Kellers: Bei großen Wirthschaftskellern, welche eine gleichmäßige Temperatur haben sollen, empfiehlt sich das Tonnengewölbe; sind die einzelnen Abtheilungen groß, wie z. B. bei Brennereien, Brauereien, Weinlagerkellern 2c., so muß man flache böhmische Gewölbe spannen, hingegen empfehlen sich flache Kappen auf Gurtbögen oder eisernen Schienen besonders bei Kellerwohnungen.

Je nach der Höhe der Plinthe variirt auch die Fensterhöhe, und zwar entstehen beispielsweise folgende Dimensionen:

Beträgt die Plinthenhöhe 1 m (Fig. 47), so wird die Höhe des Kellerfensters im Lichten betragen:

Fußbodendicke	0,04 m
Fußbodenunterlage (aus Kreuzholz)	0,13 „
Gewölbestärke (1/2 Stein)	0,13 „
Der Anschluß (a b) für das Kellerfenster	0,08 „
Die Höhe (c d) des Fensters von der Straße	0,16 „
	0,54 m
wird abgezogen von	1 „
bleibt für die Höhe des Kellerfensters	0,46 „

Bei einer Plinthenhöhe von 0,75 m (Fig. 44):

Fußbodenbrett	0,04 m
Fußbodenunterlage	0,10 „
Gewölbestärke (1/2 Stein)	0,13 „
Fensteranschlag mindestens	0,04 „
Abstand des Fensters von der Erde	0,06 „
	0,37 m
Von der Plinthenhöhe abgezogen	0,75 „
Rest für die Höhe des Fensters	0,38 „

Ist die Plinthe noch niedriger, so muß vor dem Kellerfenster ein gemauerter Kasten angelegt werden, wie die (Fig. 45) zeigt. Fig. 48 hat ebenfalls einen Mauerkasten, das Fenster liegt aber über der Erde;

dasselbe kann gleichfalls tiefer gemacht werden, wodurch noch mehr Licht und Luft in den Raum gelangt.

Derartige Kasten müssen mindestens 0,8 m (3 ′′) tiefer liegen, als die Brüstung der Kellerfenster, damit das Wasser sich ansammeln kann und mittelst einer Röhre abgeführt wird. Die Oeffnung erhält eine Abdeckung entweder mit einer dicken Glasplatte oder mit eisernen Stäben, sowie ein Geländer zur Umfassung.

Fig 47.

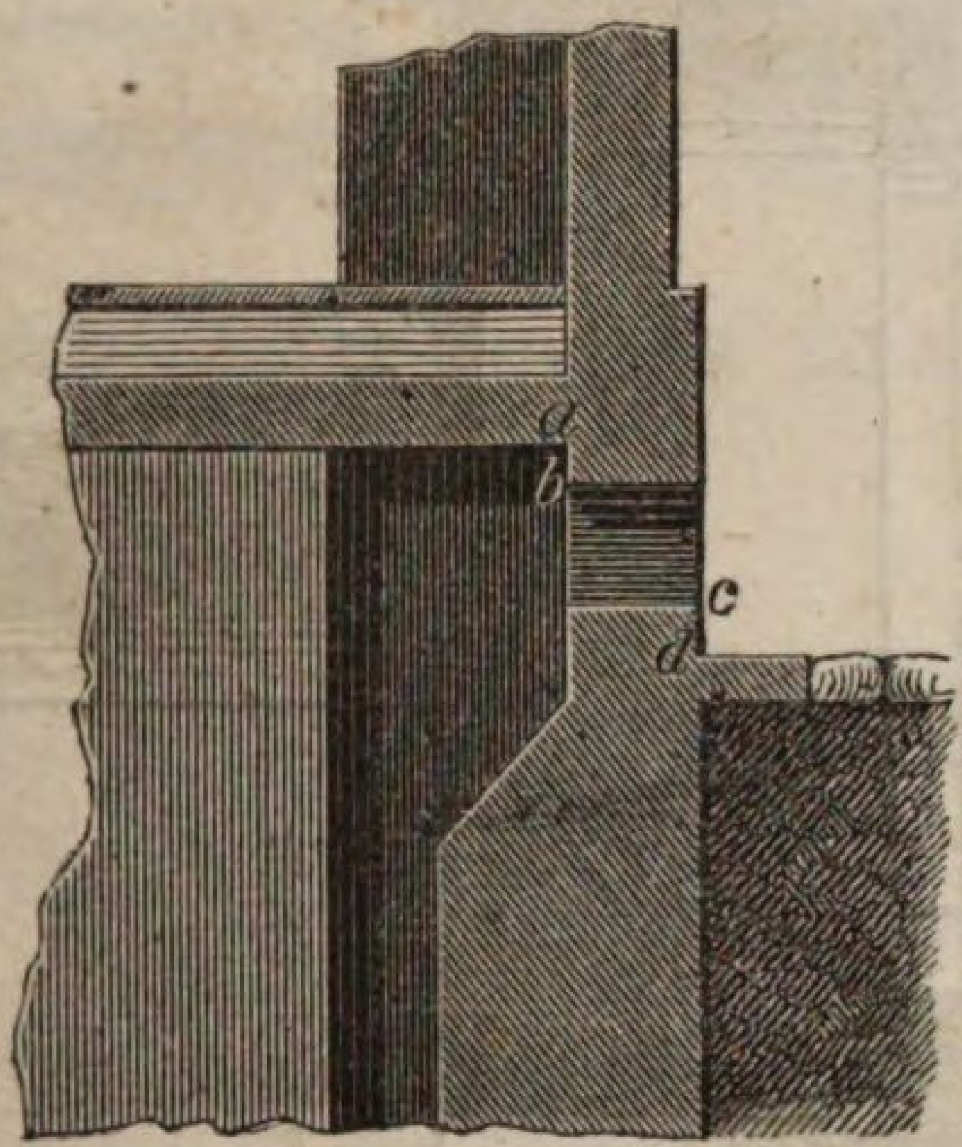
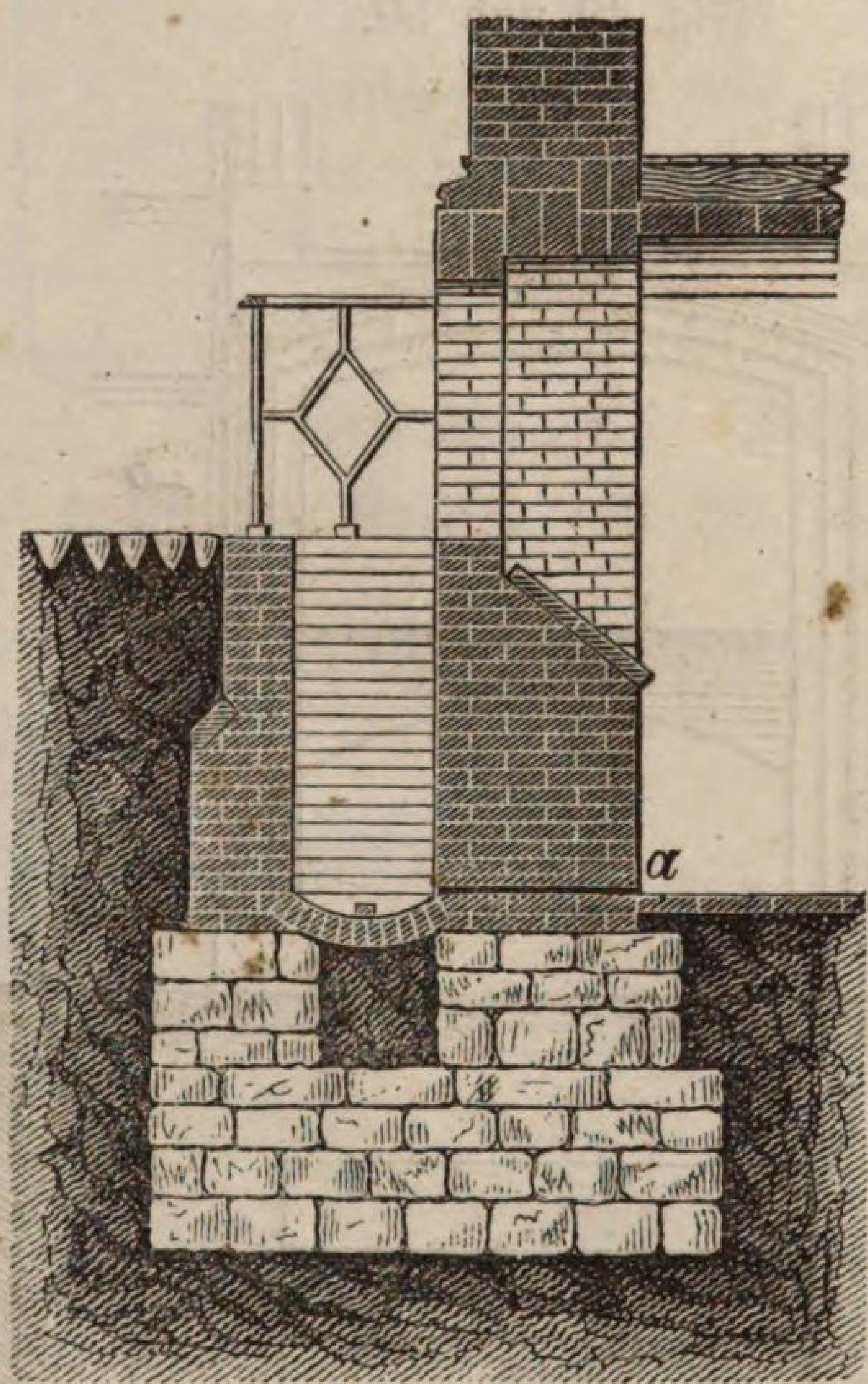


Fig. 48.



Sollen die Keller bewohnt werden, so ist möglichst für ein hohes Souterrain zu sorgen, damit Licht und äußere Luft hinreichend vorhanden ist. Deshalb sollten derartige Keller nur zur Hälfte in der Erde liegen. Siehe Fig. 40, 41, 42, 43, 44.

Figur 40 zeigt auch die Anordnung der Keller= und Parterrwände, so wie der Fenster, in Durchschnitt und Ansicht.

Wie aus dem Mitgetheilten ersichtlich, ist die Anlage der Fenster in den Kellermauern, wegen des geringen Abstandes des Parterrefußbodens von der Terrainhöhe der Straße oder des Hofes, schwierig; noch umständlicher wird aber die Anlage der guten und bequemen Zugänge (Treppen), von der Straße oder dem Hofe aus in die Kellerwohnungen.

Die Zugänge von der Straße aus (Fig. 49. 50. 51) dürfen das Trottoir nicht beträchtlich verengen, weshalb die Treppe, höchstens circa 0,15 m (6″) vor der äußern Mauerflucht beginnend, in den Keller führen muß.

Ist die Souterrainhöhe nur gering (der Unterschied zwischen Parterrefußboden und Straßenpflaster weniger als 1 m), so muß der Eingang so viel vom Hause abstehn, daß zwischen der Treppe und der innern Laibung der Kappe mindestens 1,57 m (5′) bleiben.

Fig. 49 und 50.

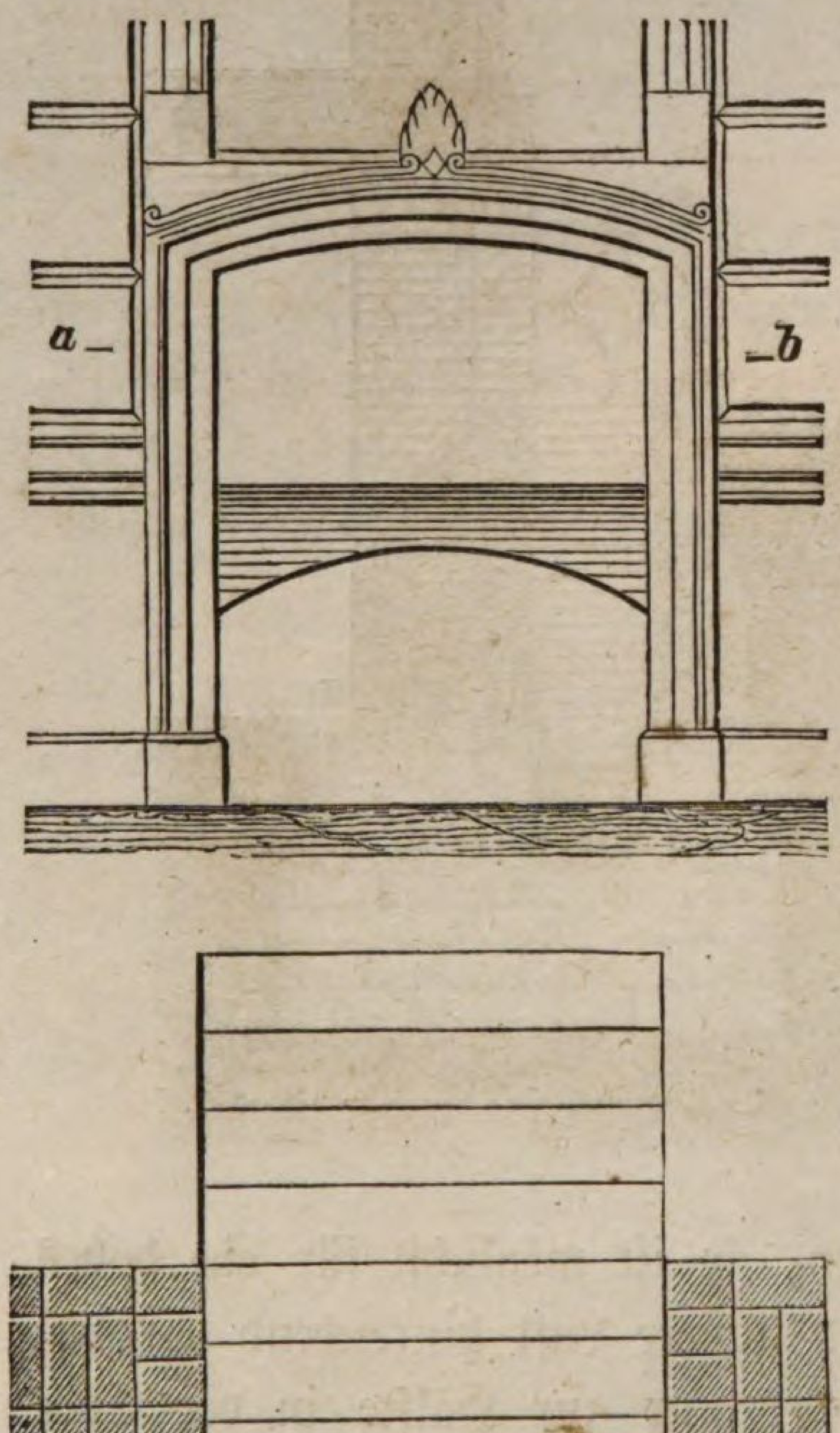
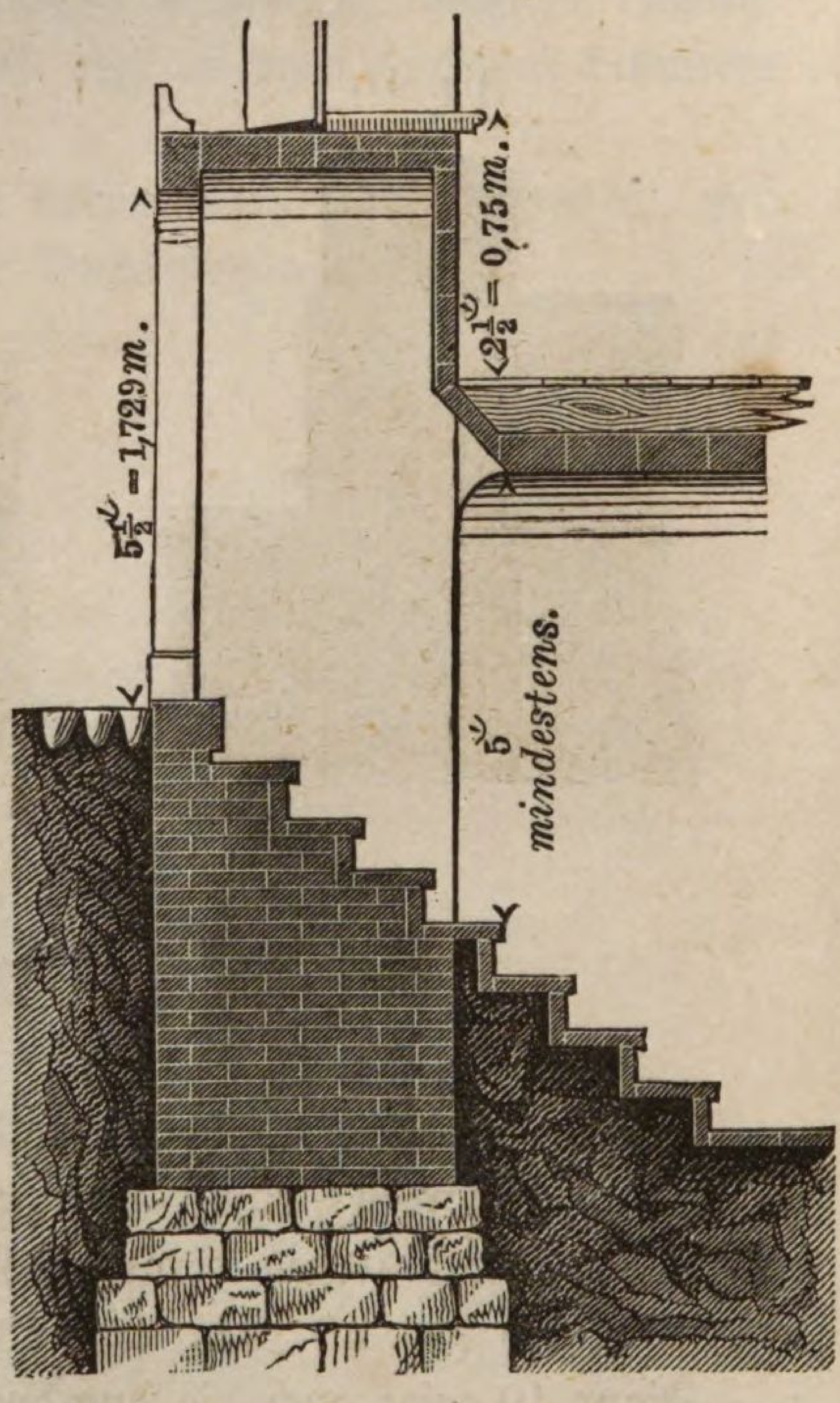
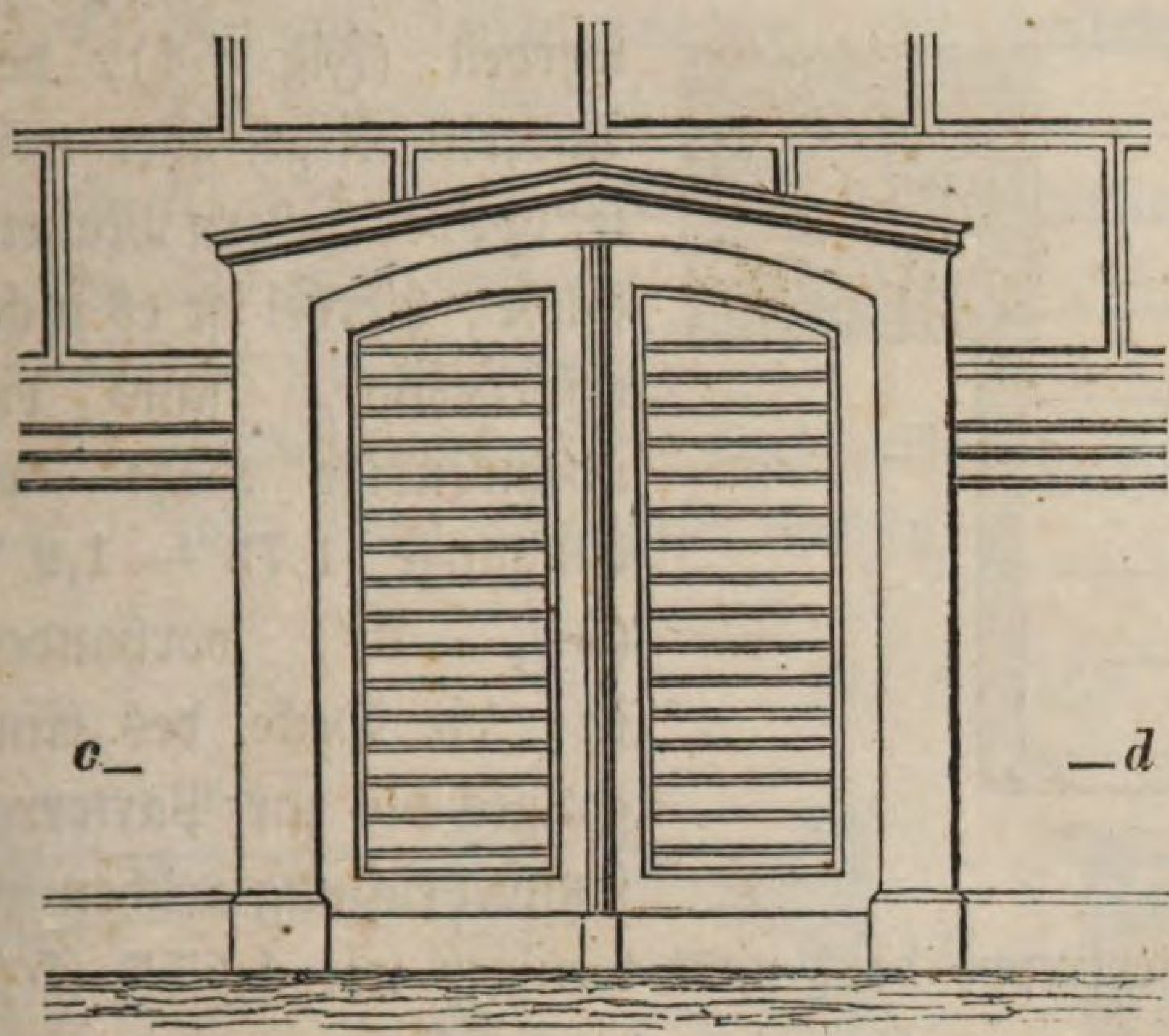


Fig. 51.



Die Treppe wird stets unter einem Fenster angelegt, da hier die obere Mauermasse nicht mehr abzufangen nöthig ist. Die Decke des Eingangs liegt dann direct unter der Parterrefensterbrüstung, wie (Fig. 49 und 51) zeigen; natürlich kann das Aeußere architektonisch verschiedenartig sein. Die Treppe kann zweckmäßig aus Backsteinen mit Cement=

Fig. 52.



überzug hergestellt werden; wo Sandstein und Granit billig ist, kann man sich auch dieses Materials bedienen. Holz ist aber der Feuchtigkeit und Nässe wegen nicht zu empfehlen.

Kellertreppen, welche nach dem Hofe führen (Fig. 52. 53. 54), können in den letztern hinausspringen, falls der Raum des Hofes nicht zu knapp bemessen ist. Reicht die Kellertreppe in den Hof hinaus, so kann der Antritt mit der inneren

Fig. 53.

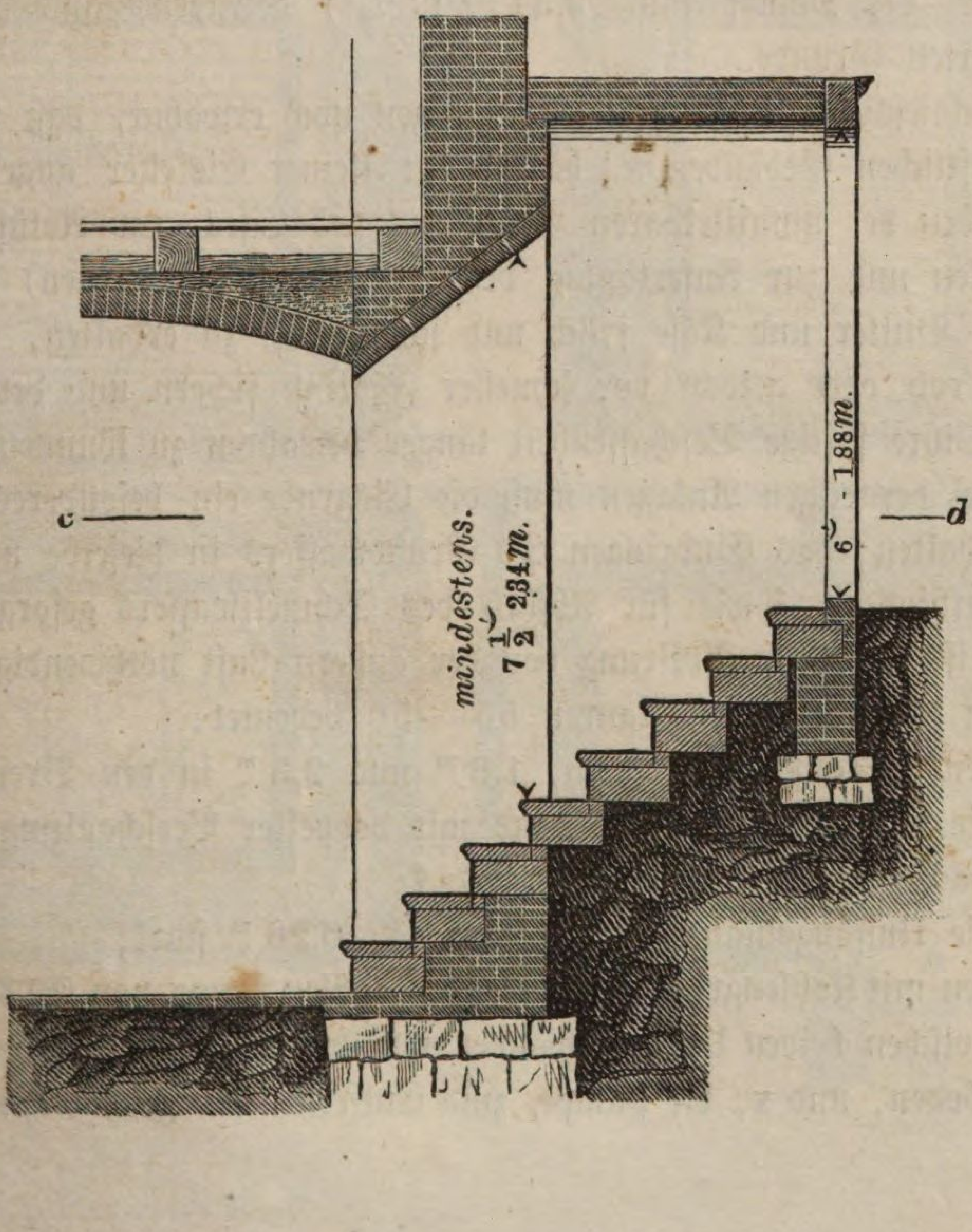
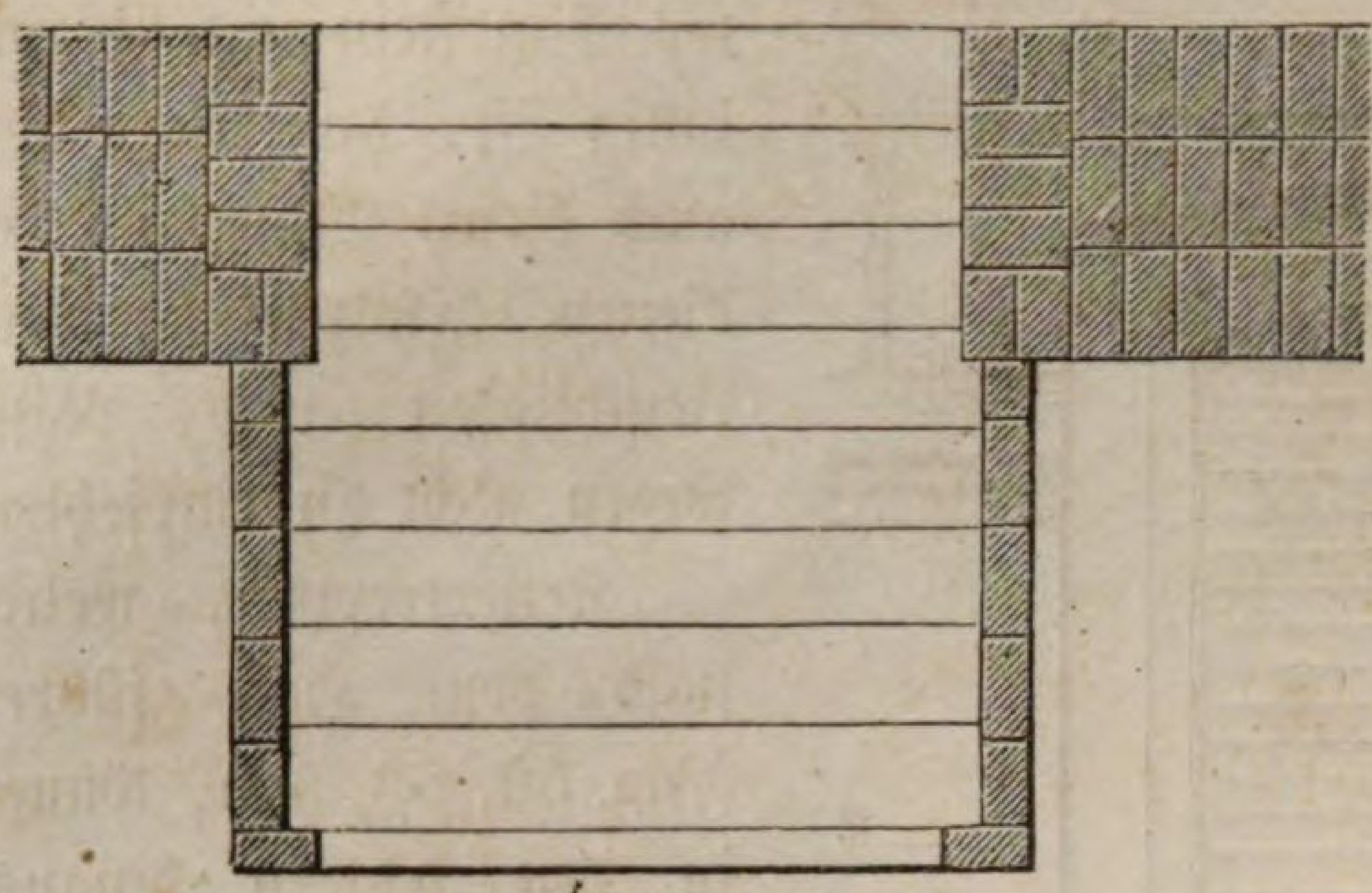


Fig. 54.



Mauerfläche bündig gelegt werden (Fig. 54), der Austritt liegt aber weiter vor der äußern Mauerfläche; hierbei ist es nicht erforderlich, falls die nothwendige Höhe am Eingange 1,73 — 1,9 m (5 1/2 — 6 ') vorhanden ist, die Decke des Einganges bis zur Parterrefensterbrüstung reichen zu lassen. Die Breite der Kellertreppe darf nicht weniger wie 1,57 m (5 ') betragen, damit Möbeln ꝛc. bequem herunterzutragen sind.

Die Stärke der Kellermauern richtet sich natürlicherweise nach der Höhe des Gebäudes. Der Abstand zwischen Treppen und dem Durchgang bei der Mauer muß 2,34 m (7 1/2 ') betragen, aus dem schon angeführten Grunde.

Schließlich sei bei den Kelleranlagen noch erwähnt, daß in Villen, herrschaftlichen Gebäuden ꝛc. häufig ein kleiner Eiskeller angelegt wird, um (neben der unmittelbaren Benutzung des Eises, zur Abkühlung von Getränken und zur Anfertigung des sogenannten Gefrornen) Backwerk, Milch, Butter und Käse frisch und schmackhaft zu erhalten, auch das Fleisch roh oder gekocht vor schneller Fäulniß sichern und den Gartenfrüchten ihre saftige Beschaffenheit länger bewahren zu könnnen.

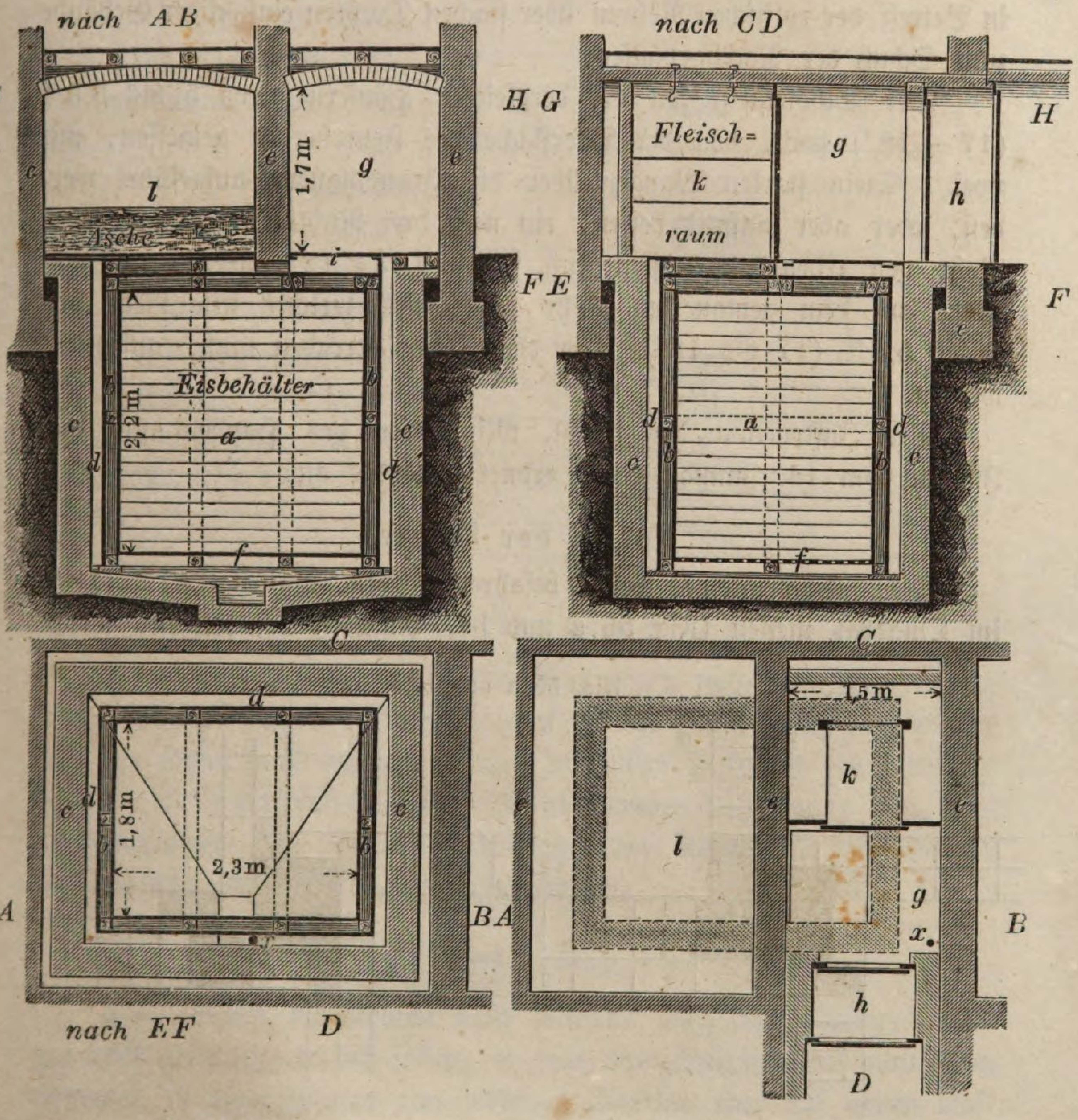
Bei derartigen Anlagen muß die Eisgrube ein besonderes Mauerwerk erhalten; das Eindringen des Grundwassers in dieselbe muß jedenfalls verhindert, sowie für Abfluß des Schmelzwassers gesorgt werden. Ebenso ist eine gute Isolirung vor der äußern Luft nothwendig.

In nebenstehenden Figuren 55—58 bedeutet:

a) den Eisraum 2,2 m hoch, 1,8 m und 2,3 m in den Breiten;
b) die hölzerne Umfassungswand mit doppelter Verschaalung, die mit Häckſel ausgefüllt ist, 0,13 m dick;
c) die Umfangsmauer der Eisgrube ist 0,26 m stark;
d) den mit Kohlengruß auszufüllenden hohlen Raum von 0,13 m Breite, zwischen beiden Umfangswänden und das Wassersammelloch auf den Boden, und x, die Pumpe, zum Entfernen des geschmolzenen Eises;

e) die Kellermauern des Hauses;
f) den mit Latten belegten, mit Zwischenräumen gedielten Fußboden des innern Eisbehälters;
g) h) den obern Vorraum, mit doppelten Eingangsthüren;
i) das Einsteigeloch;
k) den Fleischraum;
l) Gemüseraum, kann auch unbenutzt bleiben und mit Kohlenasche &c. zum Theil ausgefüllt werden.

Fig. 55 — 58.



Von den Schornsteinen und einige Regeln bei den Feuerungsanlagen.

Die Anlage der Schornsteine ist, sowohl in Betracht des Feuers, als des festen Standes, eines der wesentlichsten Theile jedes Gebäudes und erfordert die sorgfältigste Ueberlegung des Bautechnikers.

Man unterscheidet enge, sogenannte russische Röhren, welche nur circa 0,75 m im Quadrat (6 à 6″), 15 à 21 cm (6 à 8″), oder 21 à 21 cm (8 à 8″) und 21 à 26 cm (8 à 10″) weit sind und nur mit dem Besen gereinigt werden, sowie die fahrbaren Schornsteine, welche 42 à 47 cm (16 à 18″) oder besser 47 à 47 cm (18 à 18″) sind.

Die Regierung zu Potsdam veröffentlichte am 26. März 1844 in Betreff der russischen Röhren über flachen Dächern einstöckiger Gebäude zum Schutz der Nachbarhäuser:

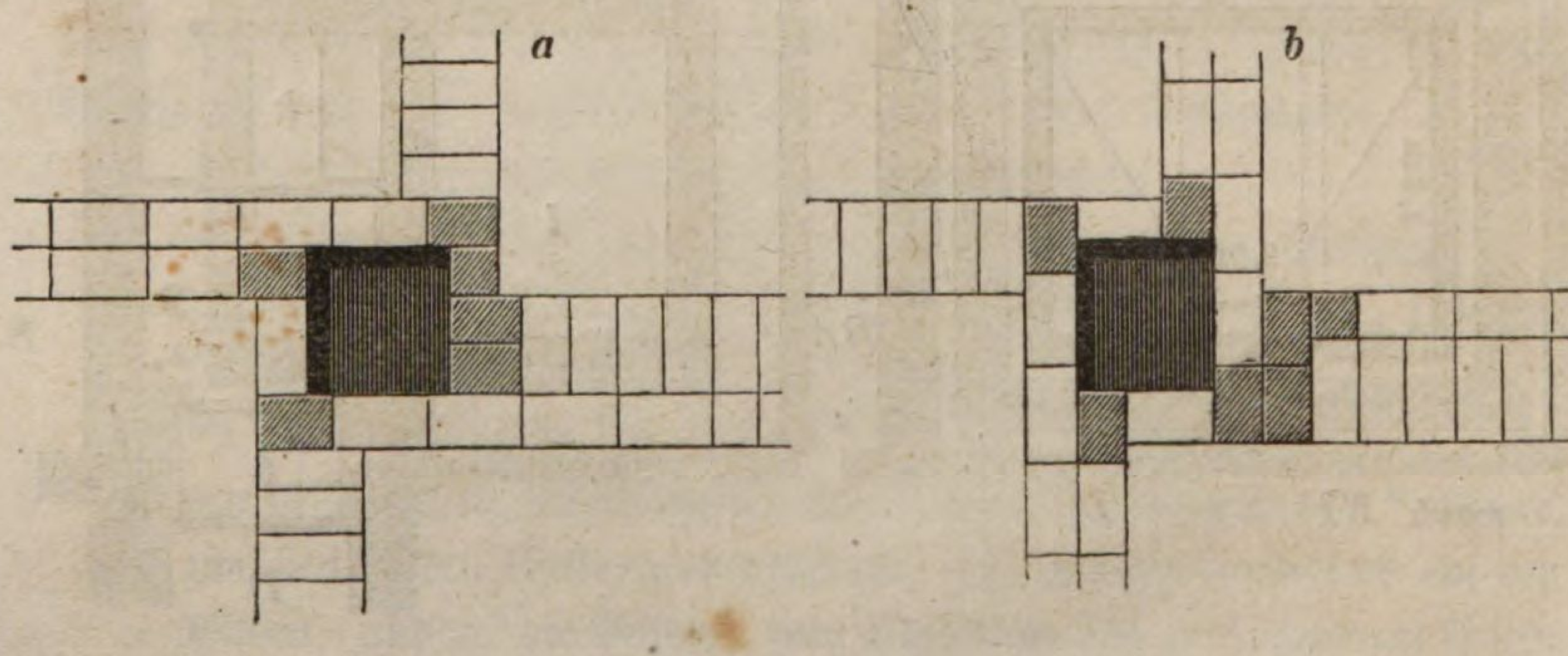
Der Schornstein soll bei dergleichen Häusern circa 5 bis 5,5 m (17—18′) hoch, von der Oberfläche des Feuerherdes gemessen, mit zwei 1 Stein starken Wangen über die Brandmauern aufgeführt werden, oder aber anstatt dessen, ein nach drei Richtungen zu ankerndes Rohr von Eisenblech, dessen Fuß jedoch 0,63 m (2′) über der Dachfläche auf dem gemauerten Rohr steht, und welches jene Höhe von 5 bis 5,5 m (17 bis 18′) über dem Herde erreichen muß, aufgestellt werden.

Die Instruction der königl. Ministerien des Handels und des Innern vom 14. Januar 1822 ordnet folgendes an:

Weite der Röhre.

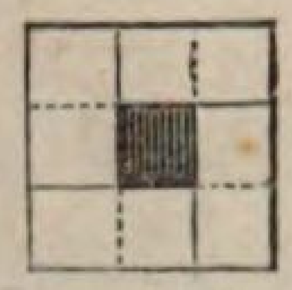
§ 1. Schornsteine, welche befahren werden, müssen 0,47 m (18″) im Quadrat messen (Fig. 55 a und b), hingegen bei solchen, welche

Fig. 55 a und b.



mit dem Besen gereinigt werden (sogenannte russische Röhren), beträgt die geringste zulässige Weite der Röhren im Lichten beim Quadrat oder bei einer kreisförmigen Querschnittsfläche circa 0,157 bis 0,21 ᵐ (6 bis 8 ′) (Fig. 56).

Fig. 56.

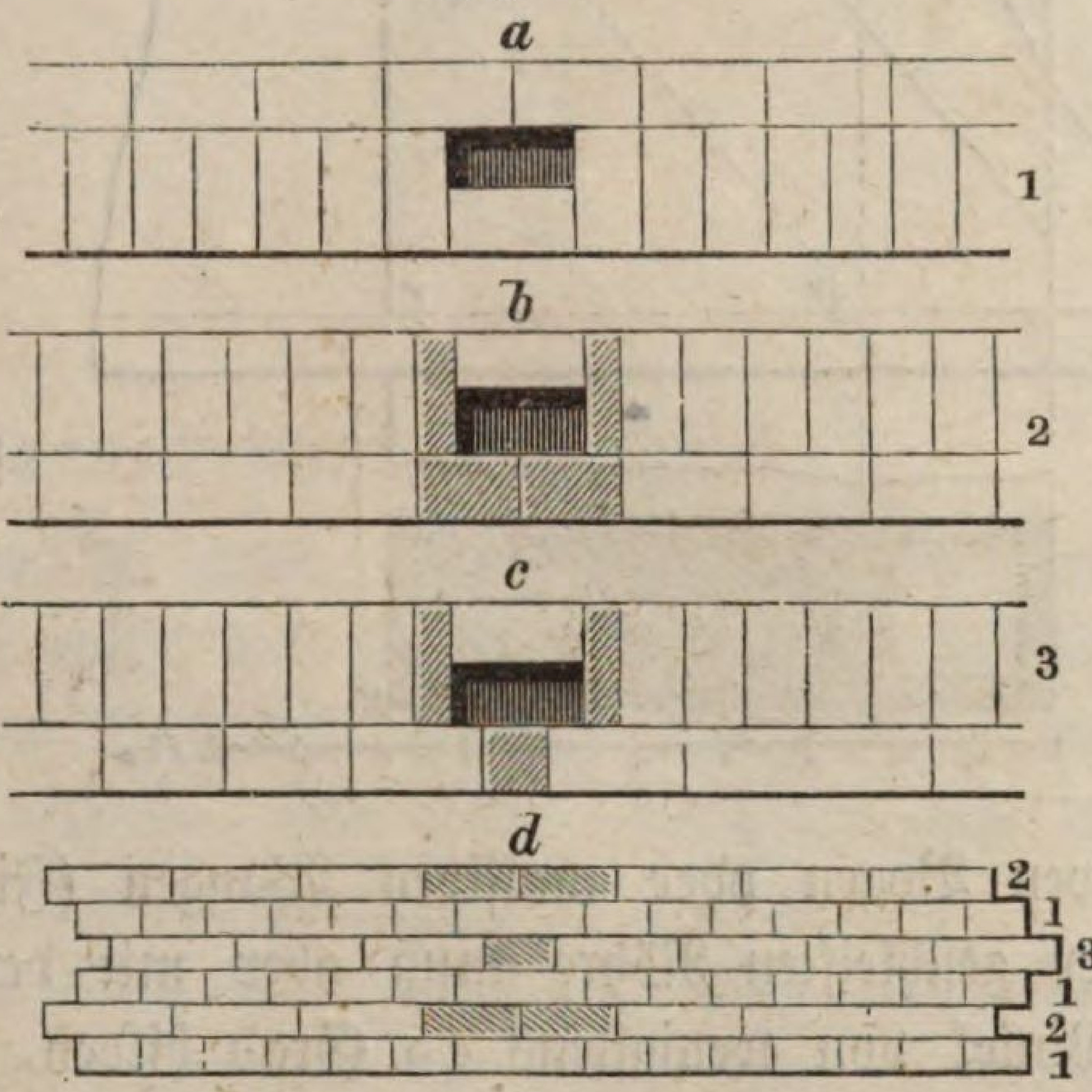


Für jeden Stubenofen kann 12 □ Zoll Querschnittsfläche angenommen werden, demnach können bei 36 — 64 □ Zoll 3 bis 5 Oefen in einen Schornstein einmünden, welche aber alle in derselben Etage sich befinden müssen.

Form des Querschnitts.

§ 2. Außer der Kreisfläche kann auch jedes rechtwinklige Viereck, dessen kleinste Seiten aber mindestens 0,157 ᵐ (6 ″) betragen zur Form des Querdurchschnittes gewählt werden (Fig. 57 a b c). Der gewählte Querschnitt ist jedoch für die ganze Höhe der Röhre genau beizubehalten und überall senkrecht auf die Richtungslinie der Röhre zu nehmen.

Fig. 57.



Stärke der Schornsteinwangen und Zungen.

§ 3. Die Wangen der Schornsteinröhren und die Zungen zwischen denselben müssen bei gewöhnlichen Stuben- und Herdfeuern wenigstens $^1/_2$ Stein stark angelegt werden und alles Holzwerk von denselben 0,078 ᵐ (3 ″) entfernt bleiben. Wo aber wegen anhaltender oder starker Feuerungen eine bedeutende Erhitzung der Röhren zu erwarten ist, sind die Wangen auf 1 Stein zu verstärken.

Schleifen und Aufsatteln der Röhren.

§ 4. Wenn die Röhren nicht lothrecht aufgeführt, sondern gezogen oder geschleift werden sollen, so darf dies Schleifen nur stattfinden entweder in einer Mauer von gehöriger Stärke, oder auf einem mas-

Fig. 58.

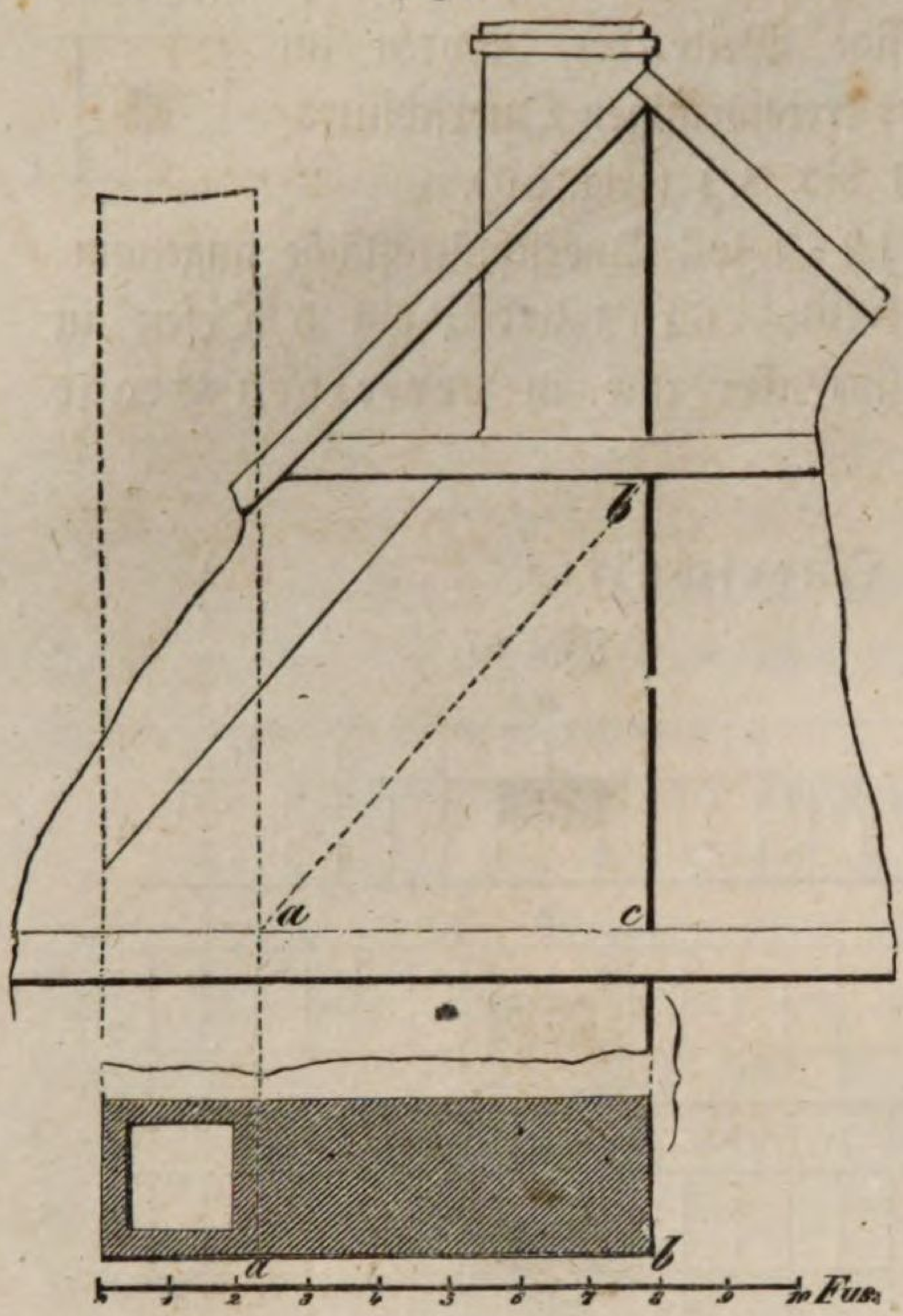
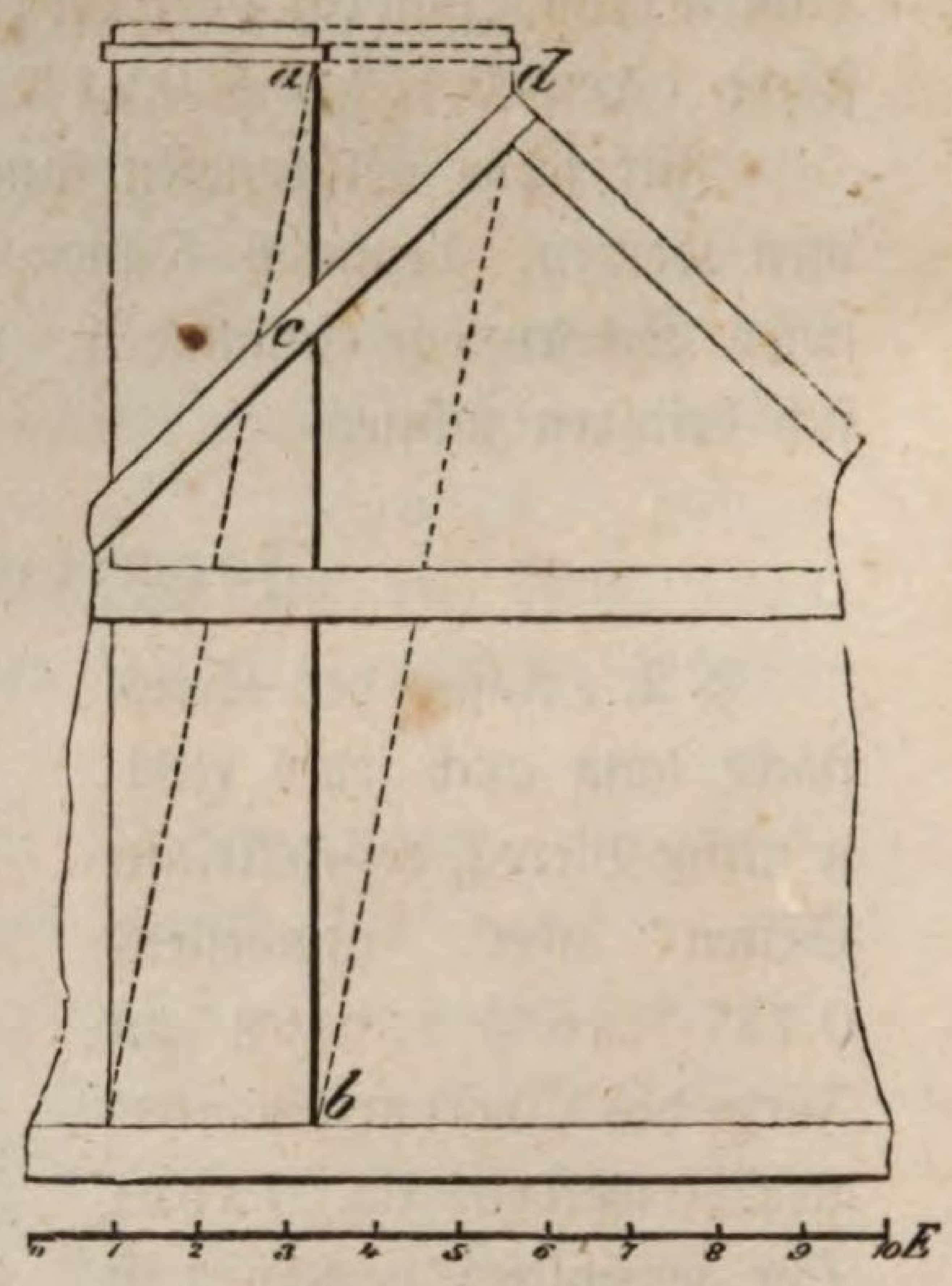


Fig. 59.



siven Bogen oder massiven Wangen (Fig. 58.). Die Richtung (a b) der geschleiften Röhre muß aber mit der Horizontallinie (a c) einen Winkel von wenigstens 45 Grad bilden. Wird eine Röhre nur etwas gezogen und bleibt sie ohne Unterstützung, so darf die Ausladung (a d) über (a b) nicht mehr als die äußere Breite des Schornsteines betragen. (Fig. 59.) Eine Auffattelung der Röhren auf Holzwerk darf nicht stattfinden; Eisenschienen können aber zur Unterstützung verwendet werden.

Stärke der Wangen freistehender Röhren.

Als Regel ist anzunehmen:

a) einzelne Röhren, welche, mit Einschluß der Wangen, nicht über 0,63 m (2′) im Durchmesser oder ein Viereck von genannter Dimension haben, sind höchstens 3,76 m (12′); hoch (Fig. 60 a und b.)

b) zwei oder mehrere mit einander verbundene Röhren, welche in einer Reihe liegen oder einen Röhrenkasten von dieser,

oder geringerer Breite bilden, nicht über 5,0 ^{m} (16 ') hoch
(Fig. 61 a und b.)

frei aufzuführen; bei größerer Höhe müssen Pfeiler (blinde Schornsteine) in gehörigem Verbande angebracht werden; dies wird häufig bei einzelstehenden russischen Röhren geschehen müssen.

Fig. 60.

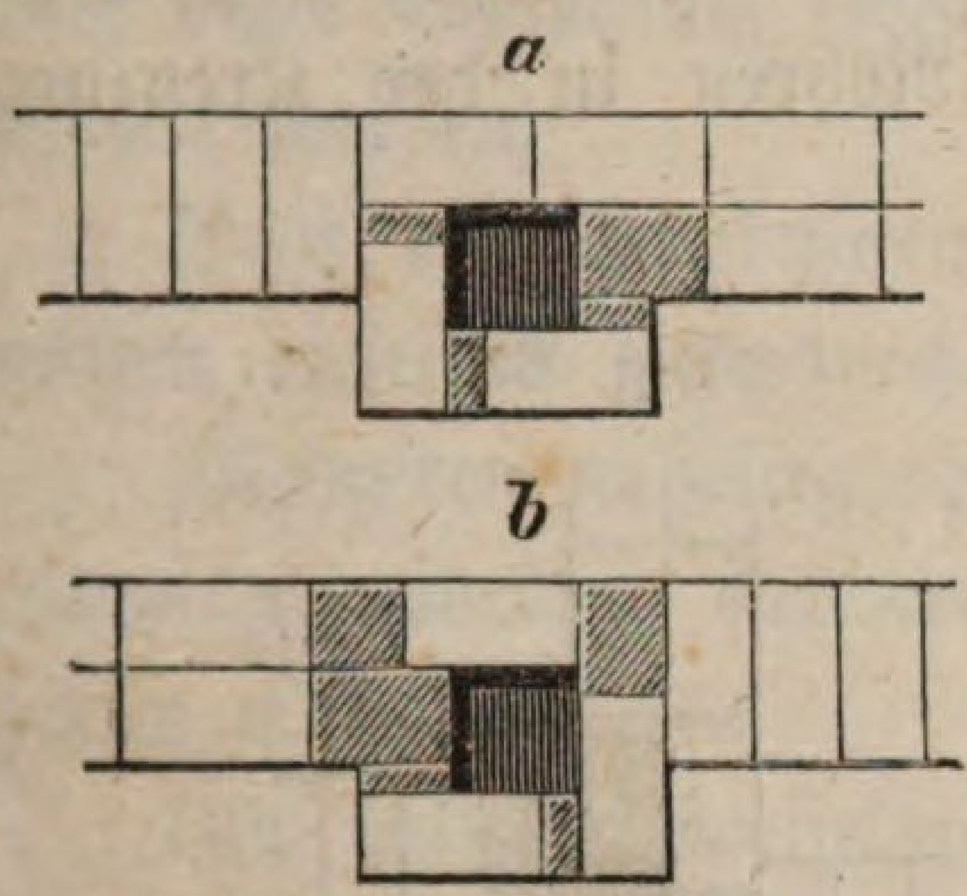
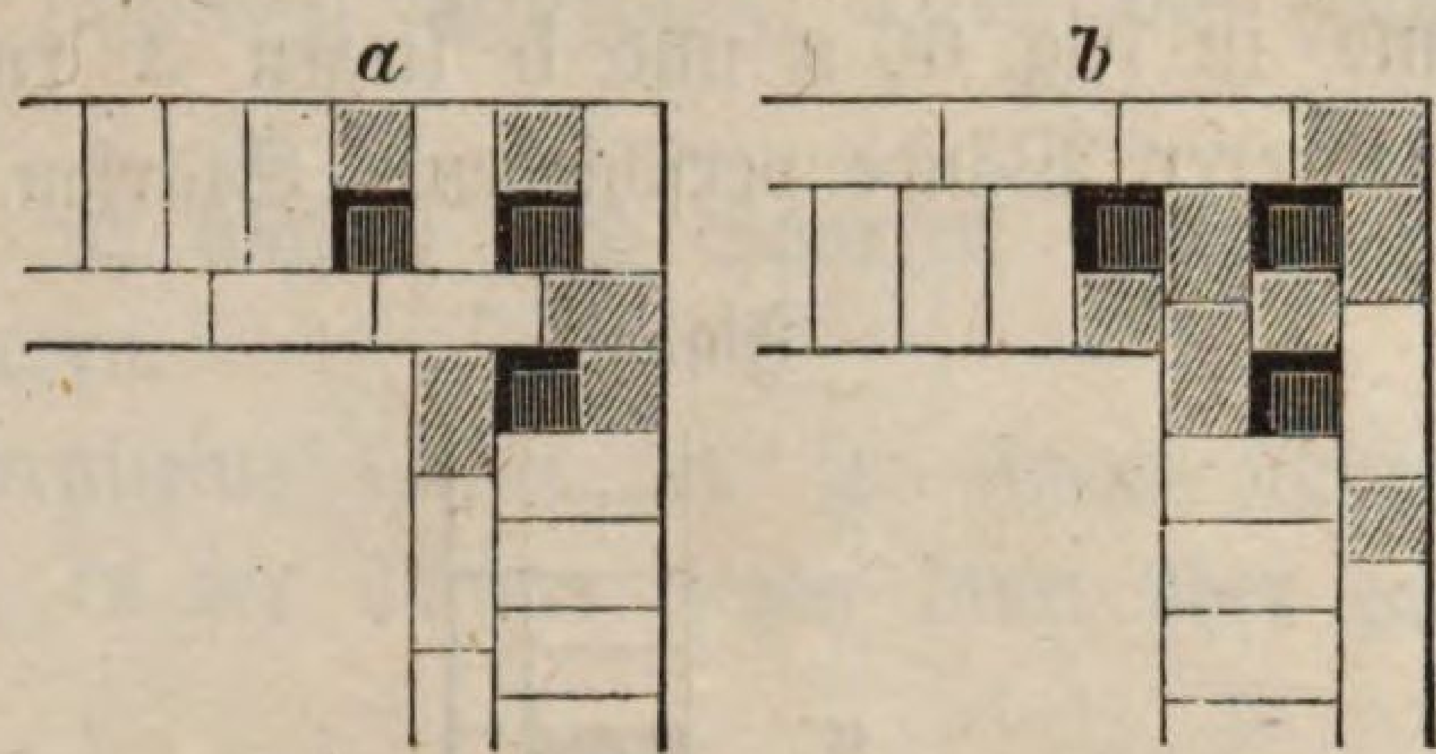


Fig. 61.



Seitenöffnungen behufs Reinigung.

Jede unbefahrbare Röhre ist unten, wo sie anfängt, über dem obersten Dachboden, und bei mehr als zweimal veränderter Richtung auch in der Mitte, behufs der Reinigung mit einer Seitenöffnung von der erforderlichen Größe zu versehen, und diese Oeffnungen sind mit eisernen, in Falze schlagenden Thüren genau zu verschließen.

Alle diese Thüren dürfen jedoch weder unter einer hölzernen Treppe, noch in der Nähe von anderem Holzwerk angebracht werden, sondern müssen wenigstens circa 1 ^{m} (3 ') von letzterem entfernt bleiben, sowie ein Vorpflaster oder eine Eisenblechplatte auf dem zunächst darunter befindlichen Boden erhalten.

Die engen russischen Röhren werden, wie schon erwähnt, bei den Stubenöfen angewendet, hingegen erhalten Feuerherde einen weiten Schornstein; nur bei kleinen Küchenfeuerungen, welche ganz geschlossen sind, genügt es enge russische Röhren anzulegen.

Die Küchenherde werden, des Zuges wegen, stets in den Ecken angelegt, der Rauch wird außerdem noch in einem Rauchmantel aufgefangen. Letzterer wurde früher massiv gewölbt, in neuerer Zeit aber wird er nur aus Eisenblech hergestellt.

Die Röhren werden meistens in der Mittelwand oder wo einige Wände sich kreuzen angebracht (siehe Fig. 57 a b c, Fig. 60 a b, Fig. 55 a b,

Fig. 61 a b); auch werden mehrere neben einander aufgeführt, damit die Wandungen in dem Dachraum nicht so stark zu sein brauchen. Fig. 62 a und b zeigt einen fahrbaren Schornstein in Verbindung mit zwei russischen Röhren. Fig. 63 a und b zeigt ein russisches Rohr in der Kreuzung von vier, 1 Stein starken Wänden, Fig. 64 a und b ein russisches Rohr in der Ecke von drei, $1/2$ Stein starken Wänden, Fig. 65 a und b hat an der einen Seite eine 1 Stein starke Wange. und in Fig. 66 a und b liegen 3 russische Röhren in der Kreuzung mehrerer Wände verschiedener Stärken.

Fig. 62.

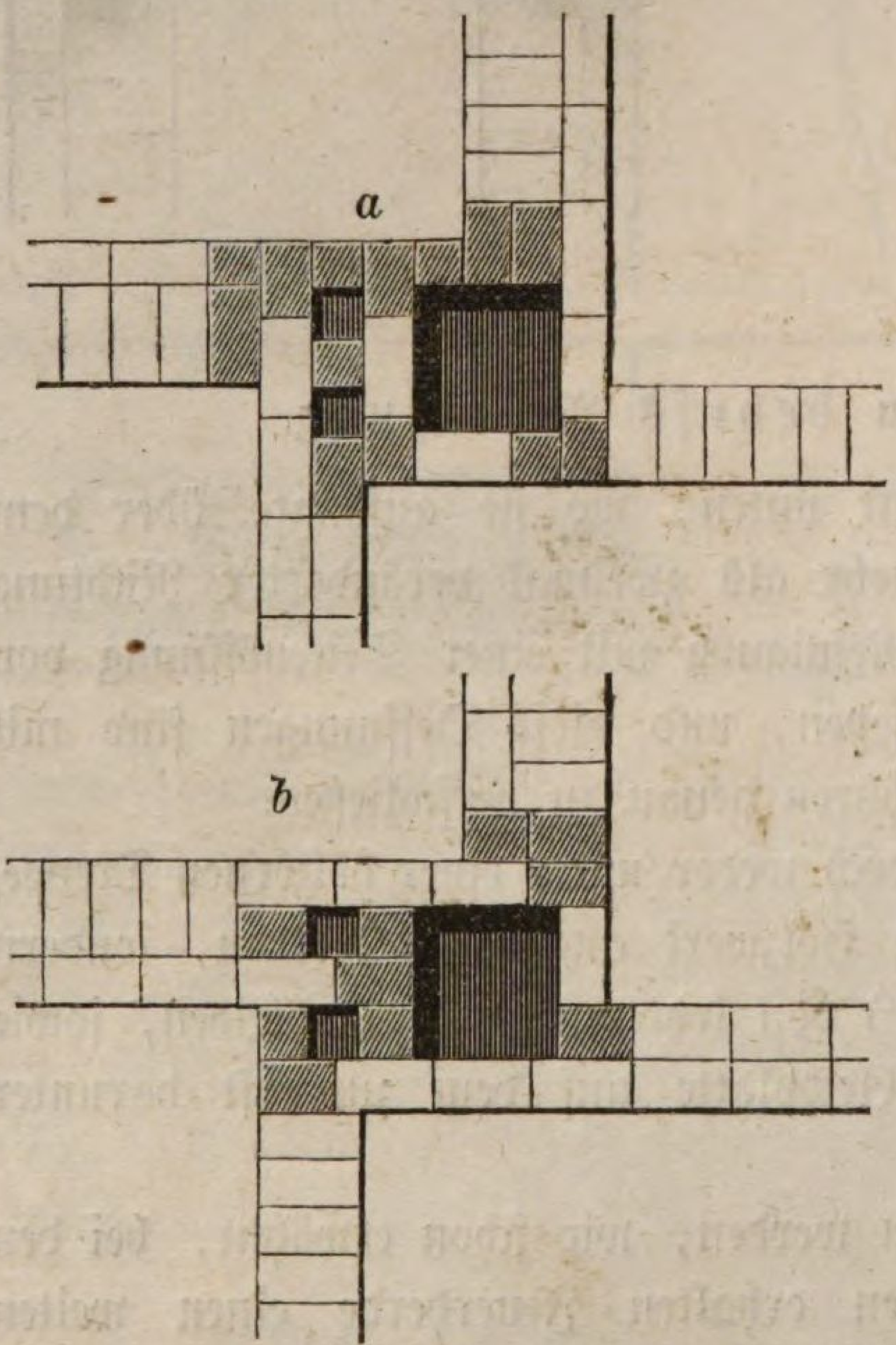


Fig. 63.

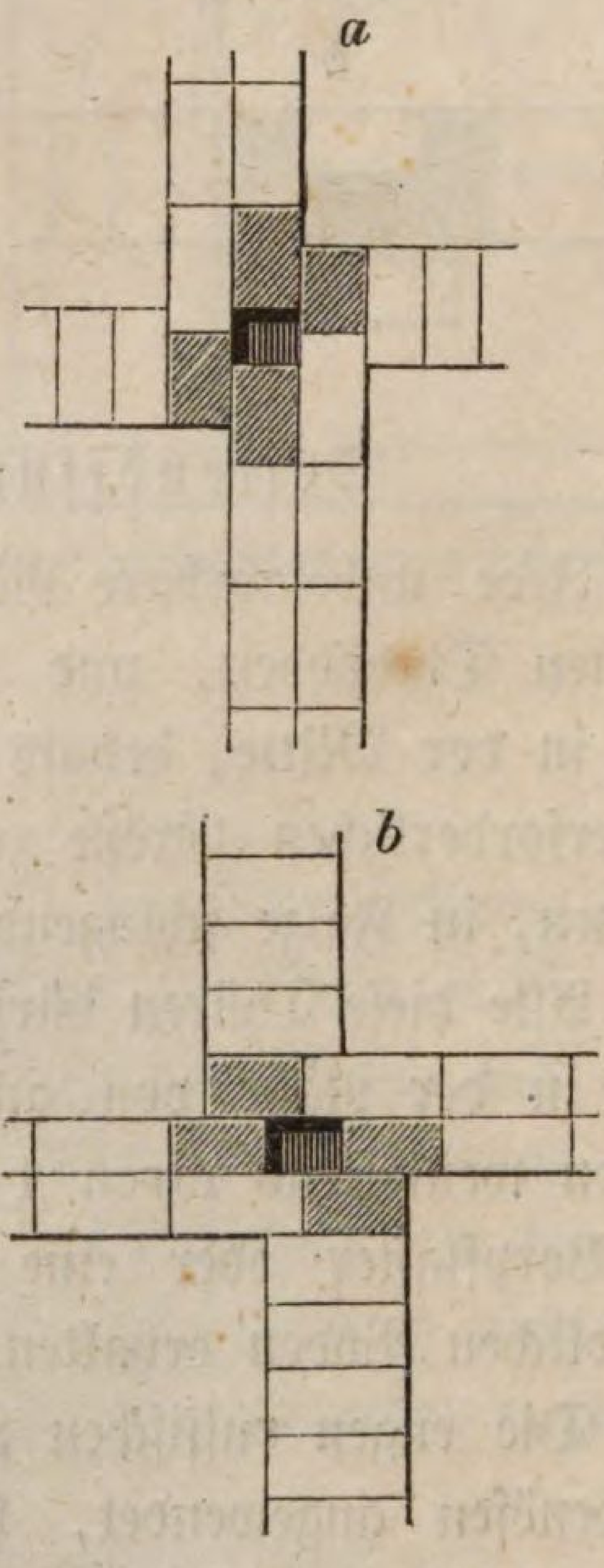


Fig. 64.

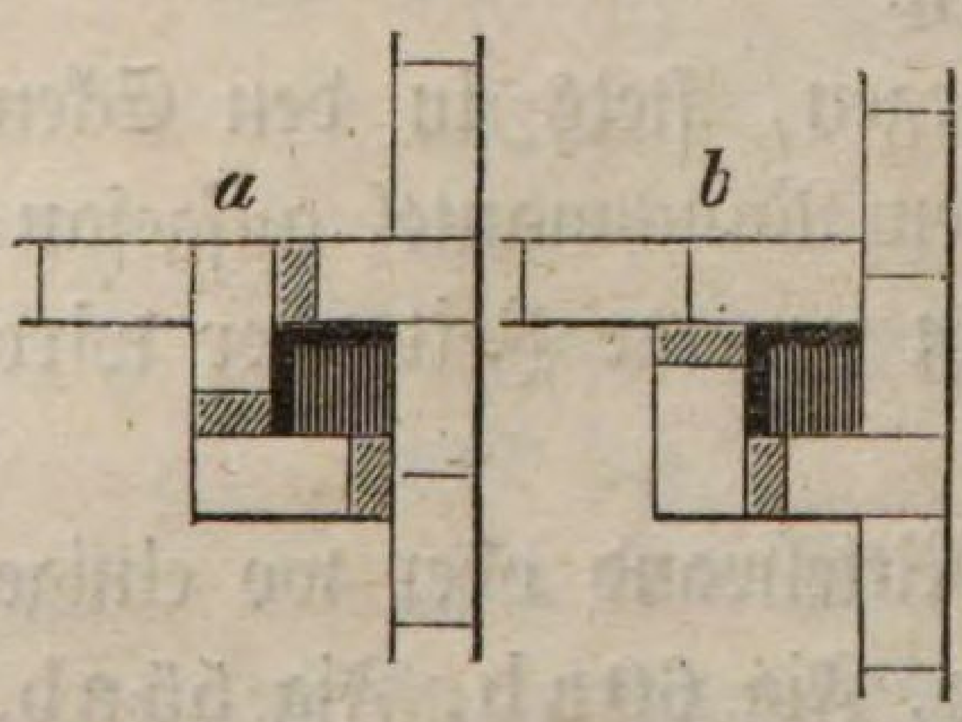
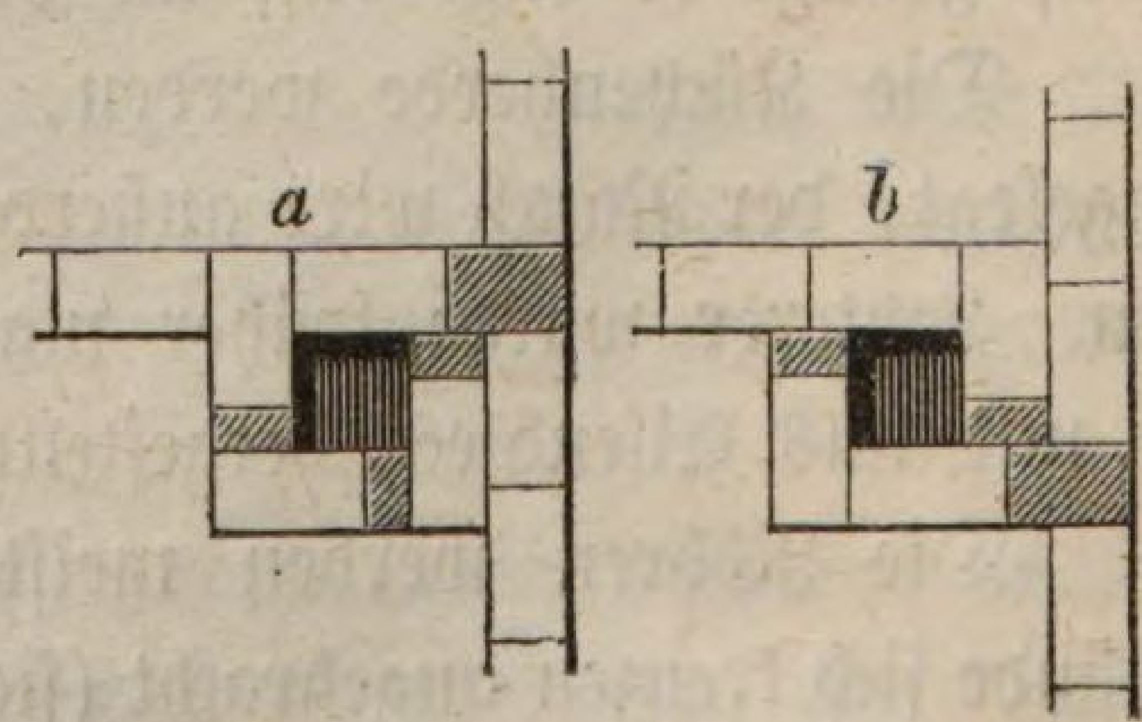


Fig. 65.



Die Wandungen der engen, wie auch der weiten Röhren sind meistens nur $^1/_2$ Stein (circa 0,14 ^{m}) stark; nur falls ein einziges russisches Rohr frei durch den Dachraum geführt wird, erhalten 2 gegenüberliegende Seiten 1 Stein zur Stärke.

Als eine Hauptregel gilt, daß die Röhren am Boden des Kellers beginnen und fundamentirt werden, sowie möglichst in senkrechter Richtung ohne Schleifung (wegen der schlechten Reinigung) über den First geführt werden.

Geht ein Schornstein dicht bei Balken und Sparren vorbei, so müssen dieselben ausgewechselt werden.

Mehrere naheliegende Schornsteine lassen sich zu einem Kasten gruppiren, welcher entweder ganz in der Mauer liegen kann oder zur Hälfte ꝛc. hervortritt.

Um Keller, Speisekammern, Abtritte ꝛc. zu ventiliren, werden Röhren, in den innern Dimensionen wie die russischen Röhren, entweder

Fig. 66.

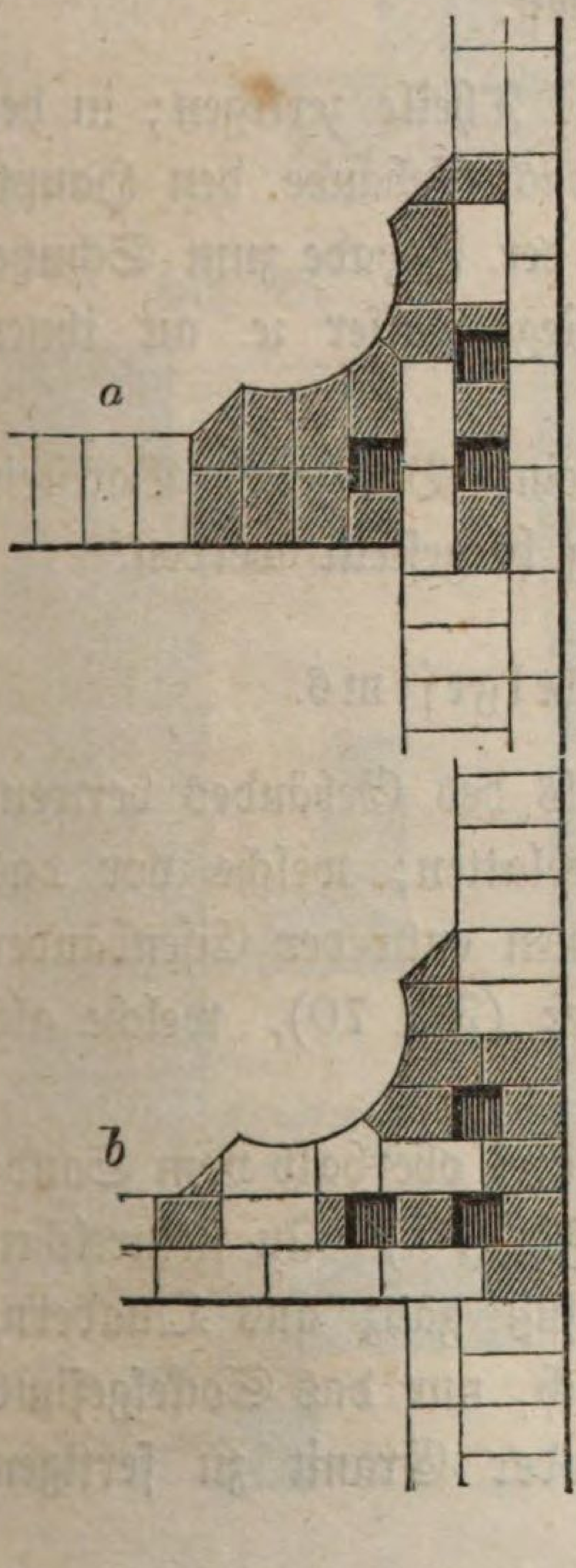


Fig. 67.

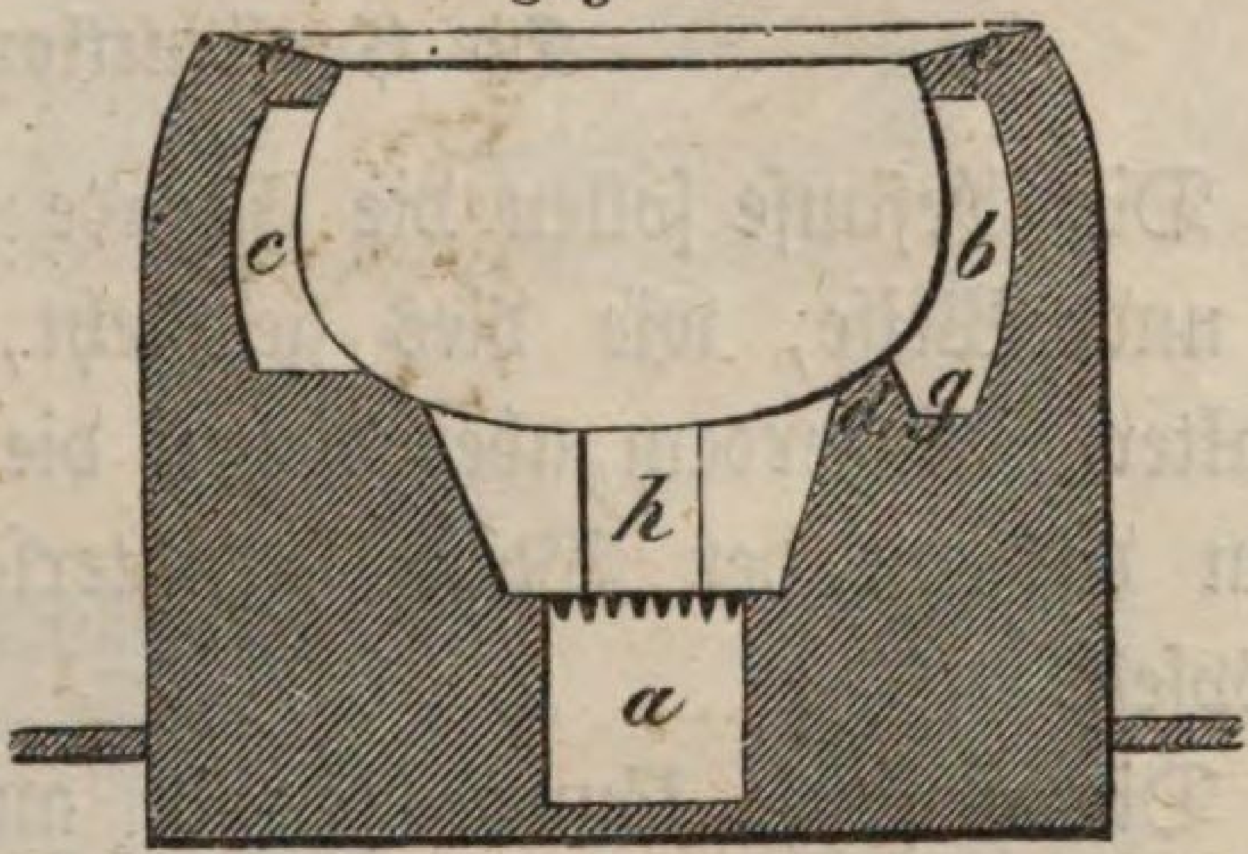
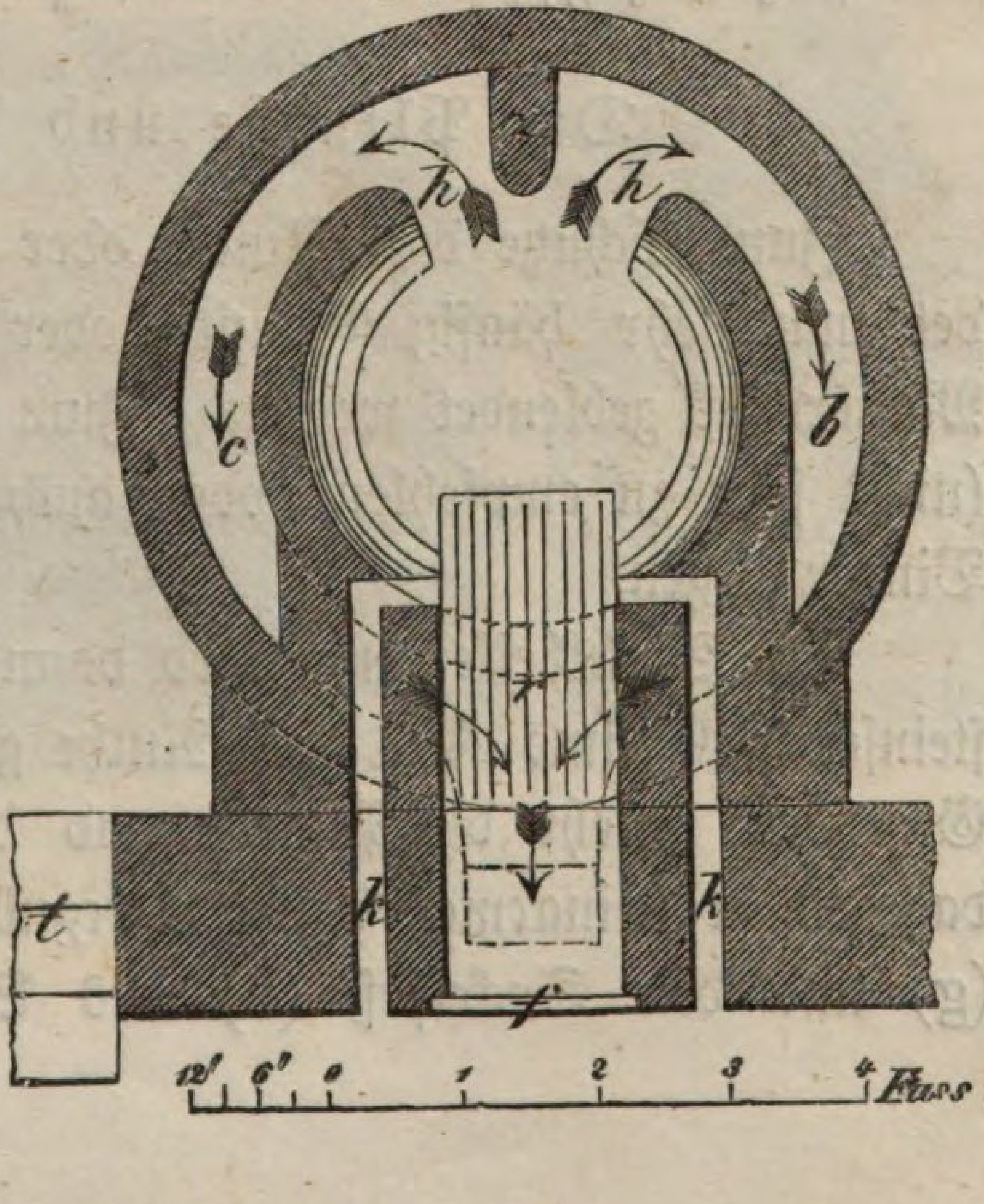
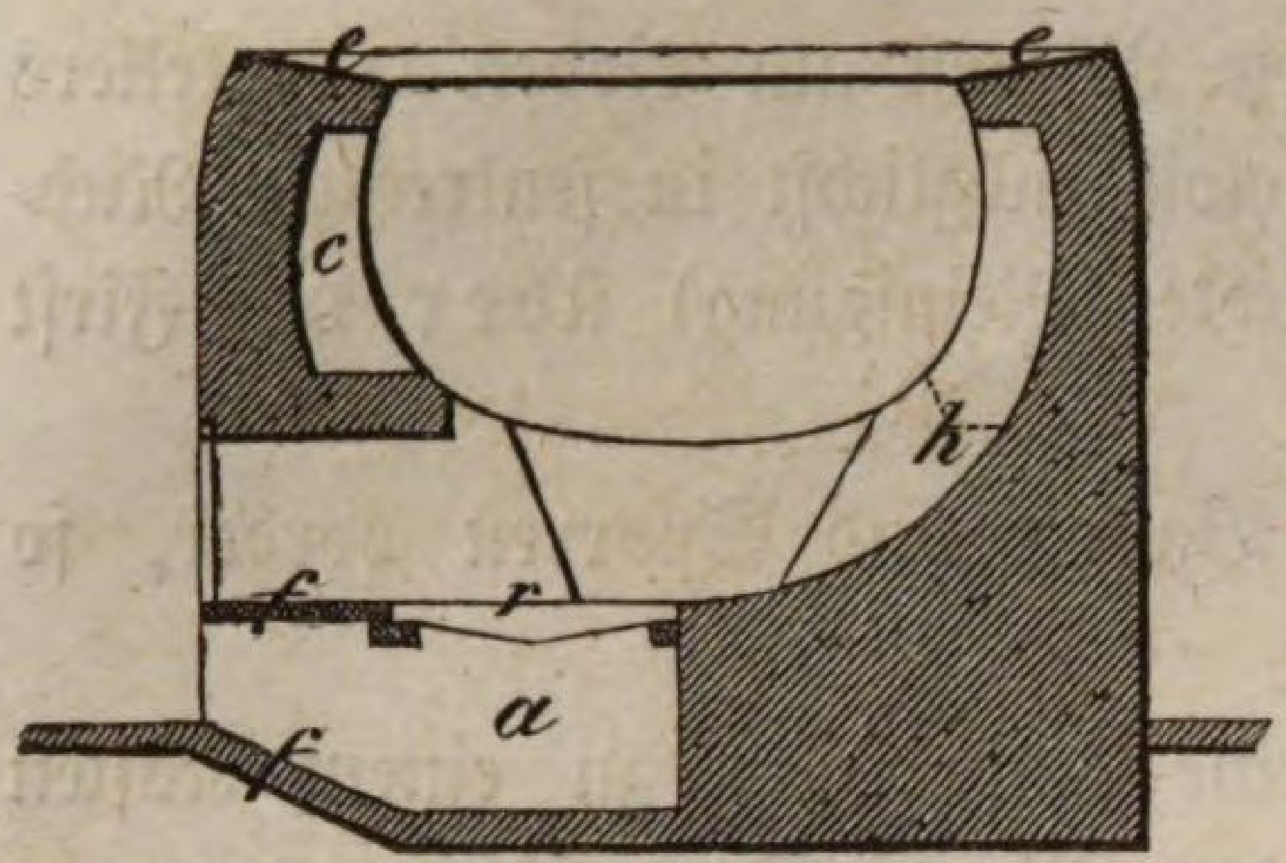


Fig. 68.



aus Brettern, oder aus Backsteinen hergestellt. Letztere sind besser, besonders wenn sie an einem Rauchschornsteine liegen können.

Fig. 69.



Zu den Feuerungsanlagen, die in jedem Gebäude vorkommen, gehören die Waschkessel. Eine gute und einfache Construction zeigt Fig. 67 bis 69.

Der kupferne Kessel ist 0,62 m (2 ') hoch, r ist der Rost, a der Aschenfall, in dem Vorraum f wird geheitzt, der Rauch geht den Weg h b c nach s in das russische Rohr. Die Wandung d ist 1/2 Stein stark, die äußere Wandung dagegen 1 Stein. Damit der Kessel nicht zu hoch über dem Fußboden liegt, wird die ganze Anlage etwas versenkt.

Die Construction der Gesimse.

Die Gesimse sollen die Façade in einzelne Theile zerlegen; in der Art und Weise, wie dies geschieht, erhält das Gebäude den Hauptcharakter. Außerdem aber dienen die Gesimse der Façade zum Schutze, indem das an der Wand herunterlaufende Regenwasser ꝛc. an ihnen abtröpfelt.

Die Gesimse können sowohl aus Sandstein, Backstein, Backstein mit Putzüberzug, oder aus einer Holzbekleidung hergestellt werden.

Die Plinthe und das Sockelgesims.

Zum Schutze der Plinthe oder des Sockels des Gebäudes verwendet man sehr häufig Granit- oder Sandsteinplatten, welche vor das Mauerwerk geblendet werden. Zum Halte dienen entweder Eisenbänder (nicht sehr zu empfehlen) oder auch Steinanker (Fig. 70), welche als Binder liegen.

Die Sockelbekleidung wird dann in der Regel oberhalb vom Sandsteinsockel-Gesims A A mit Nuthe gehalten. (Fig. 70.) In steinreichen Gegenden besteht die Plinthe und der Sockelfuß ganz aus Quadern, dagegen in steinarmen Ländern begnügt man sich, nur das Sockelgesims (g) und den Sockelfuß (h) aus Sandstein oder Granit zu fertigen

(D Fig. 71), und die eigentliche Plinthe (D) entweder im Rohbau zu lassen oder mit Kalk resp. Cementmörtel zu überputzen.

Fig. 70 und 71.

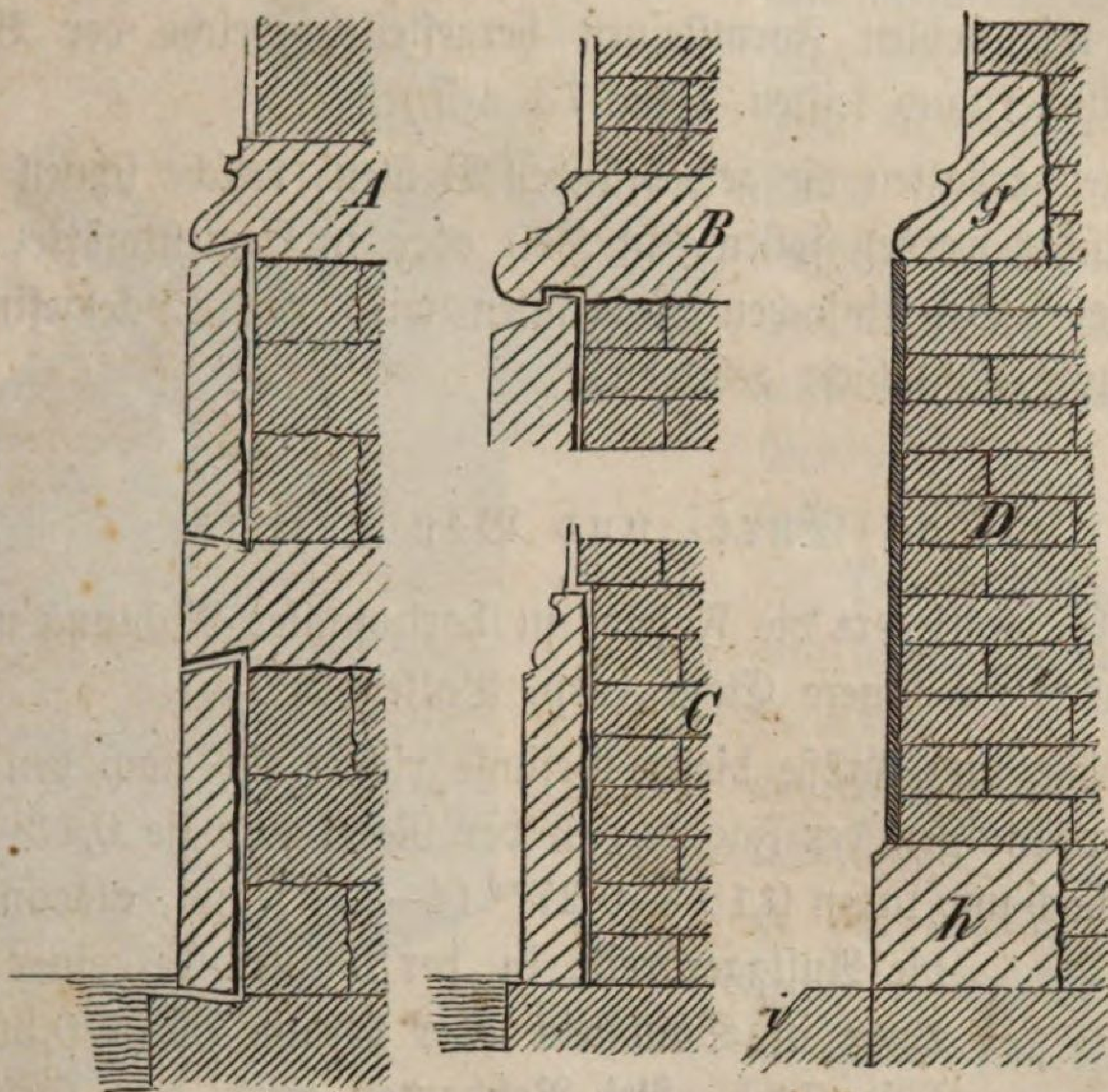


Fig. 72.

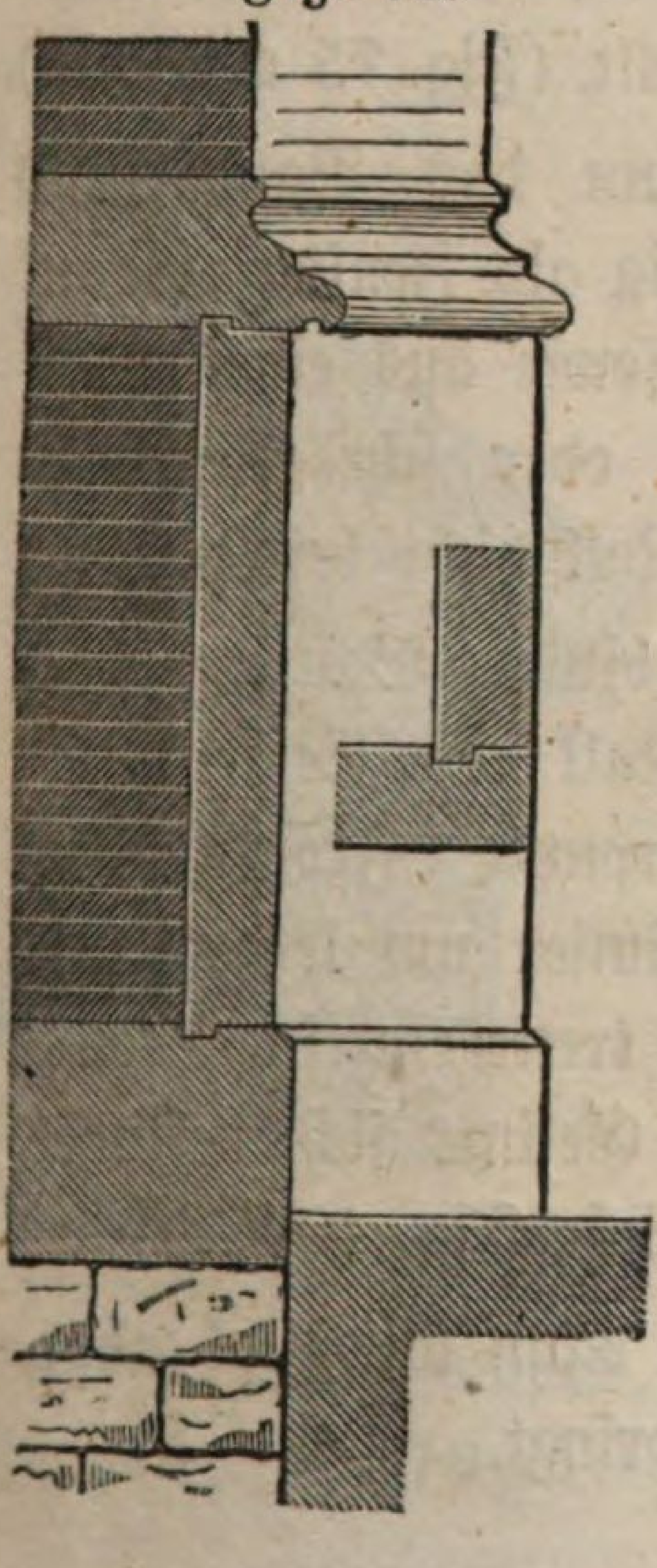
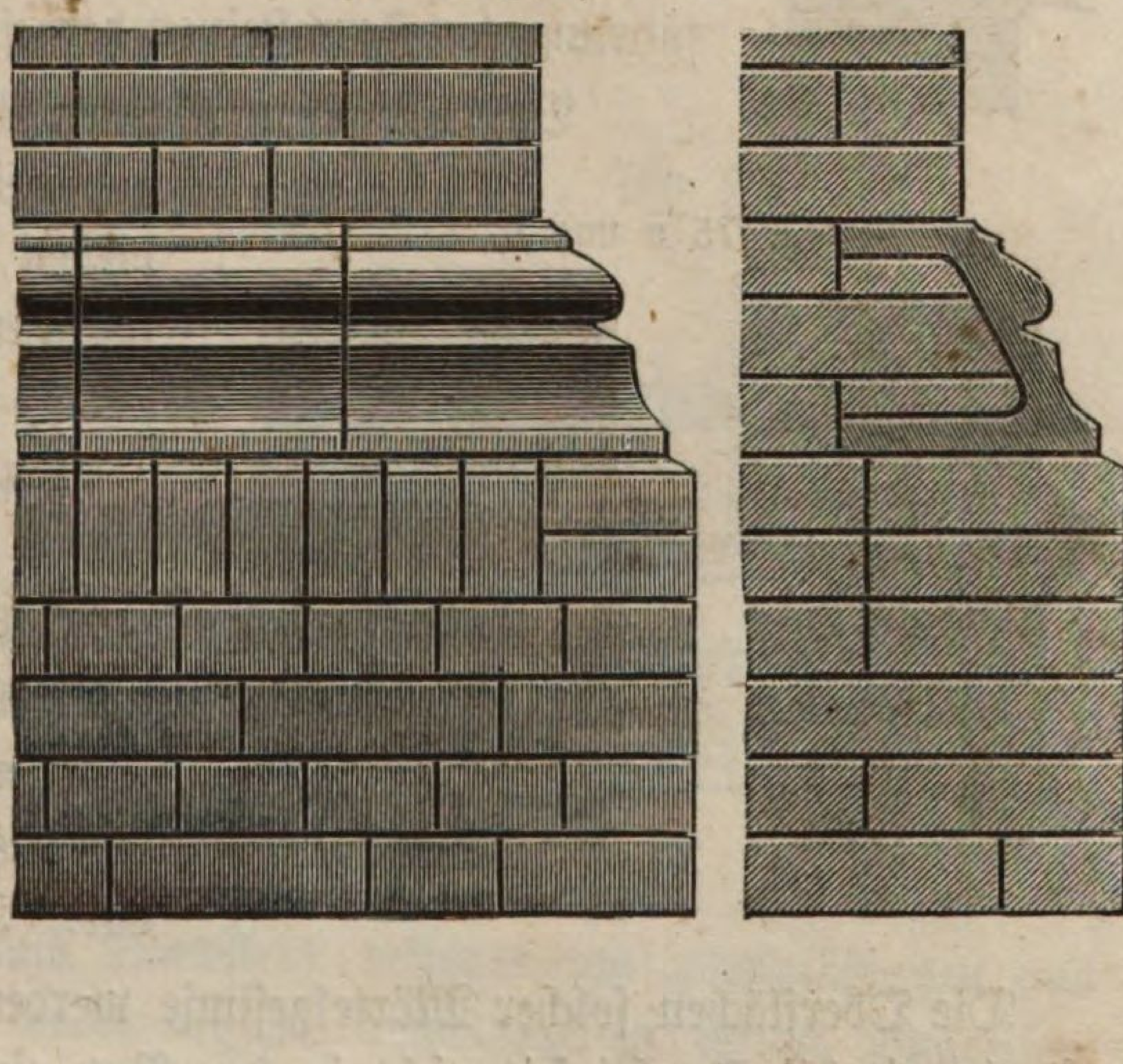


Fig. 73 a b.



Eine andere Construction einer verblendeten Plinthe, ohne Ankersteine, zeigt Fig. 72.

Der Ersparniß wegen wird auch das Sockelgesims, anstatt aus Sandstein, mit hohlen Formsteinen hergestellt, welche der Witterung vollständig Widerstand leisten. (Fig. 73 a b.)

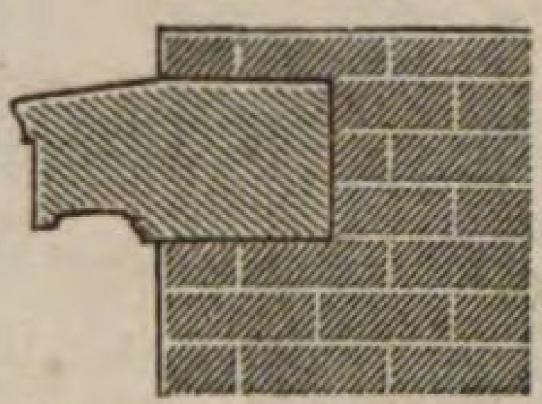
Hingegen erhalten die gewöhnlichen Bauten, welche schnell und sehr billig aufgeführt werden sollen, in Kalk oder in Cementmörtel gezogene Sockelgesimse. Bei einfachen Rohbauten wird das Sockelgesims durch eine sogenannte Rollschicht gebildet.

Das Gurt- und Bandgesims.

Dasselbe zergliedert die Façade in horizontaler Richtung und markirt von Außen die innere Etage resp. Balkenhöhe.

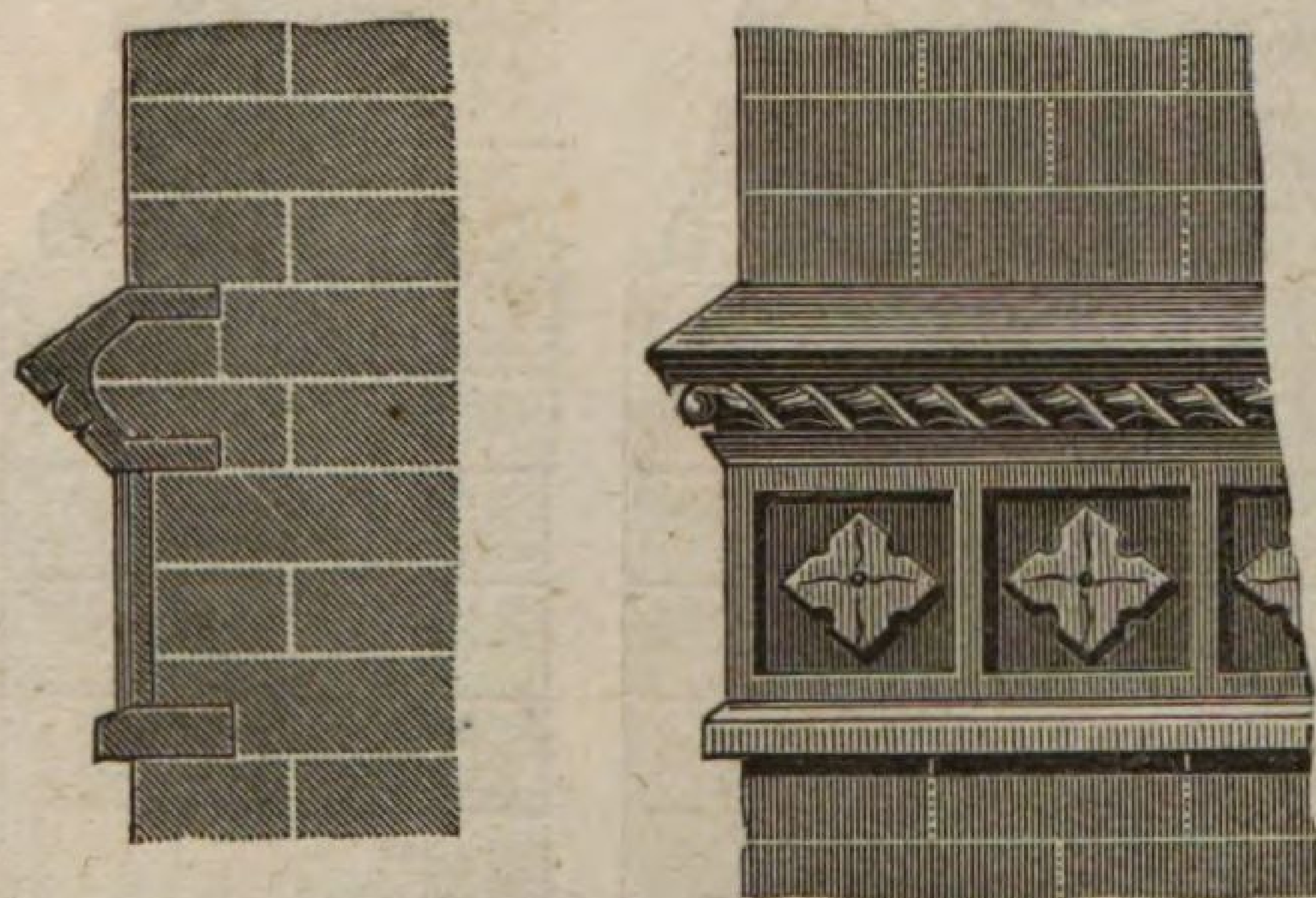
Die Höhe und Größe dieser Gesimse richtet sich nach den architektonischen Verhältnissen der Façade; in der Regel sind sie 0,13 — 0,25 ^{m} (5 — 10 ″) hoch und laden 0,18 — 0,27 ^{m} (4 — 7 ″) aus, alsdann beträgt die Auflagerbreite in der Mauer bei einer Ausführung in Sandstein oder Granit circa 0,30 ^{m} (1 ′) (Fig. 74.). Bei Rohbauten wird das Gesims entweder durch vortretende Steine oder bei reicherer Ausführung von Formsteinen hergestellt. (Fig. 75 a und b.)

Fig. 74.



Bei einfachen Bauten kann das Bandgesims gleichzeitig als Fenstersohlbank dienen, sowie aus einer horizontalen oder schrägliegenden (45 °) Rollschicht bestehen.

Fig. 75 a und b.

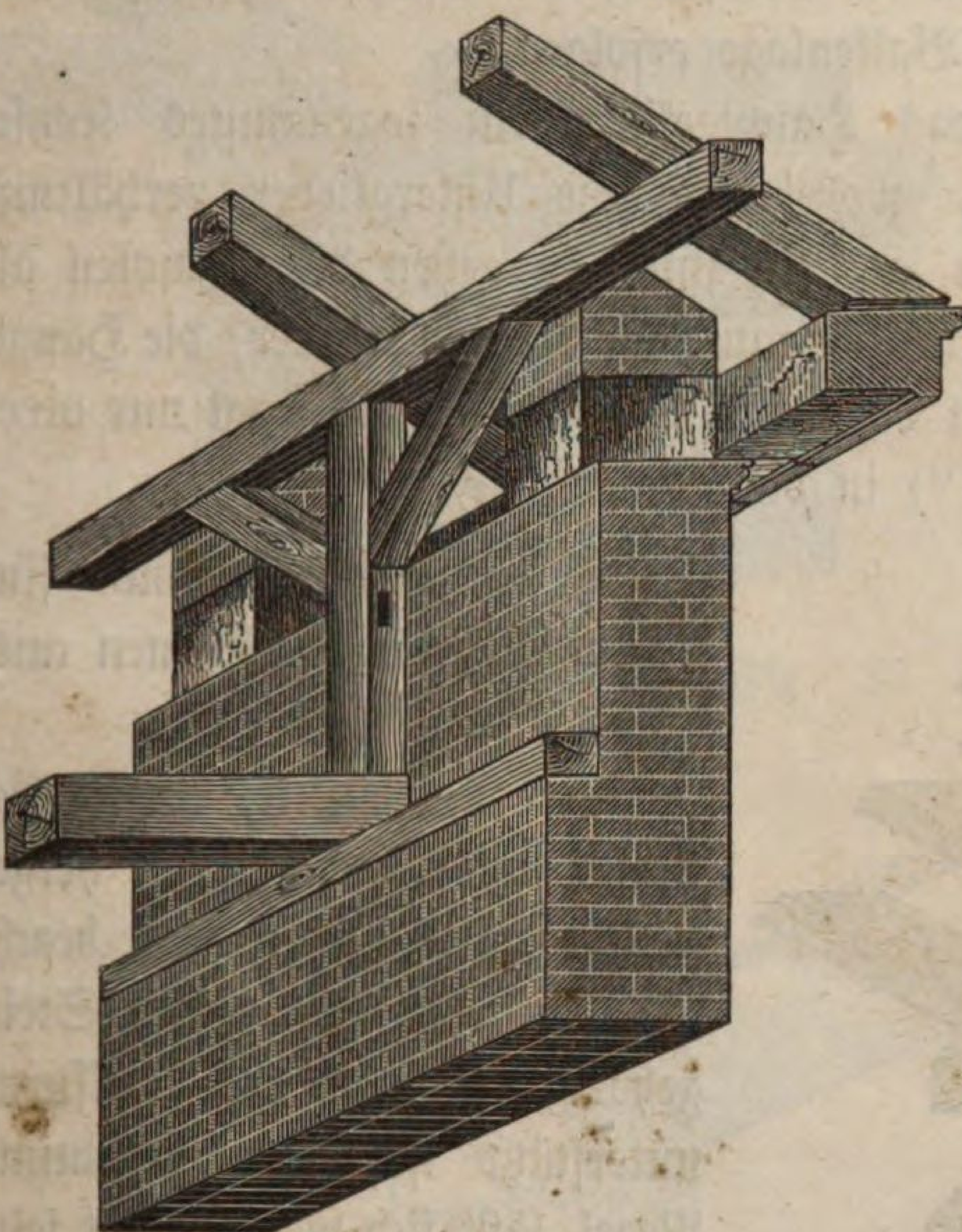


Die billigen Bauten erhalten in Kalk oder Cementmörtel überputzte Frontmauern und Gesimse; um letztere herzustellen, treten einzelne Steine, wo das Gesims sich befindet, vor. (Siehe Fig. 40.)

Die Oberflächen solcher Mörtelgesimse werden dann mit Zink abgedeckt, damit die Feuchtigkeit nicht in den Putz eindringt.

Das Hauptgesims.

Fig. 76.



Dasselbe bekrönt nicht nur allein das Gebäude, sondern soll hauptsächlich durch seine Ausladung die Mauerfläche so viel als möglich beschützen und das vom Dach herabfließende Wasser in gewisser Entfernung von der Gebäudefläche abtröpfeln lassen.

Die Hauptgesimse sind aus jedem Material zu construiren. Die Verhältnisse richten sich nach den architektonischen Regeln; jedoch ist der Grundsatz stets zu beachten, daß die Ausladung nie größer sein darf, als die Mauerstärke des oberen Stockwerks.

Fig. 77.

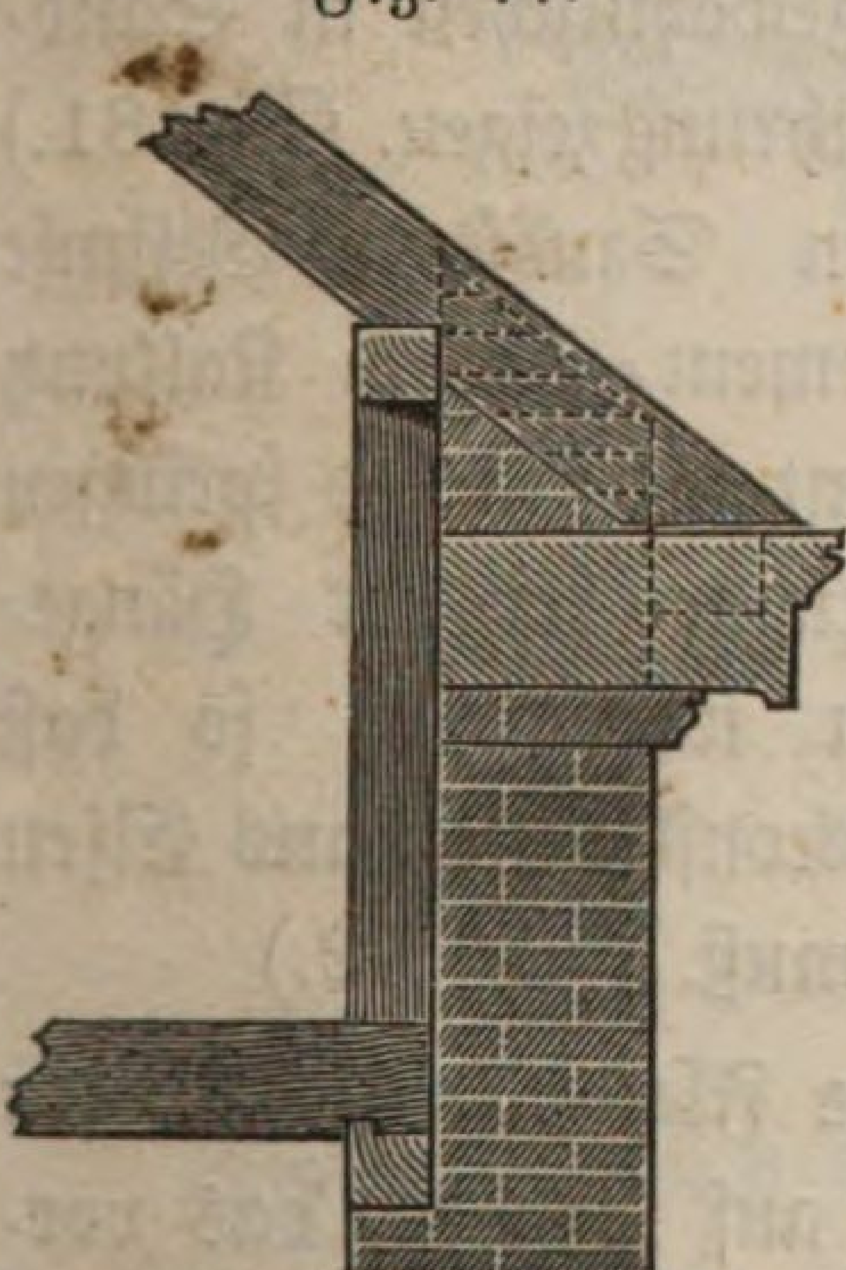
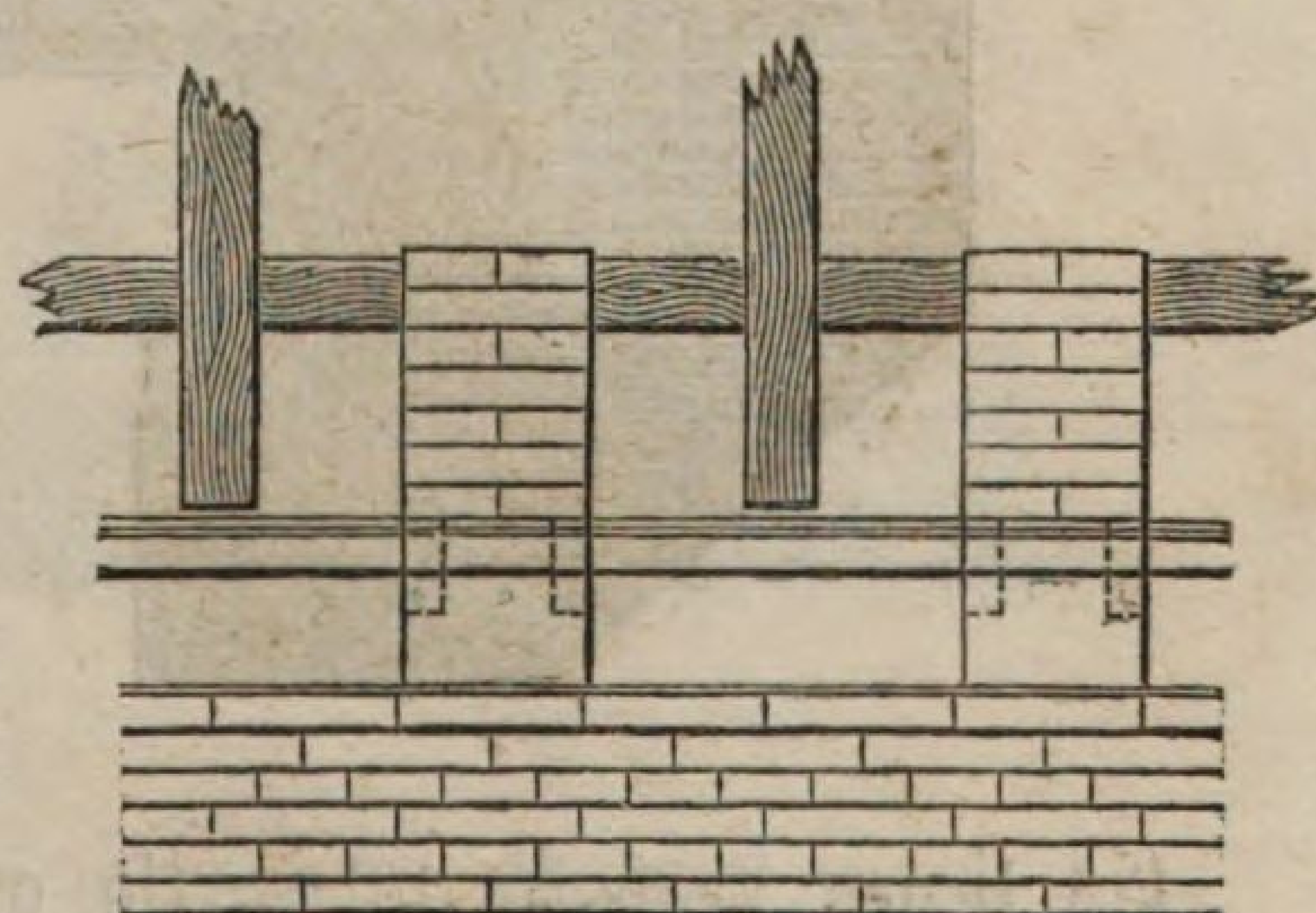
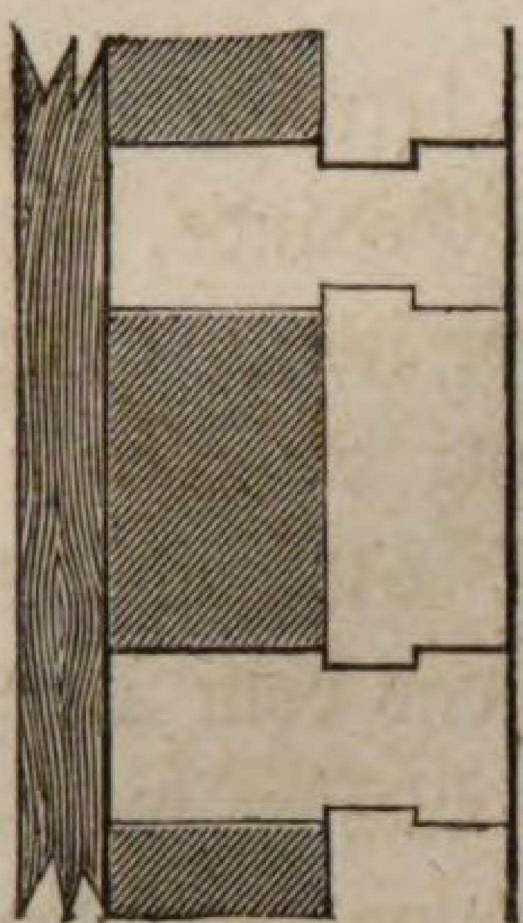


Fig. 78.



Die Hauptgesimse aus Sandstein bestehen am zweckmäßigsten aus Bindern und Läufern, wobei letztere ankerartig in erstere eingreifen. (Fig. 76, 77, 78, 79.)

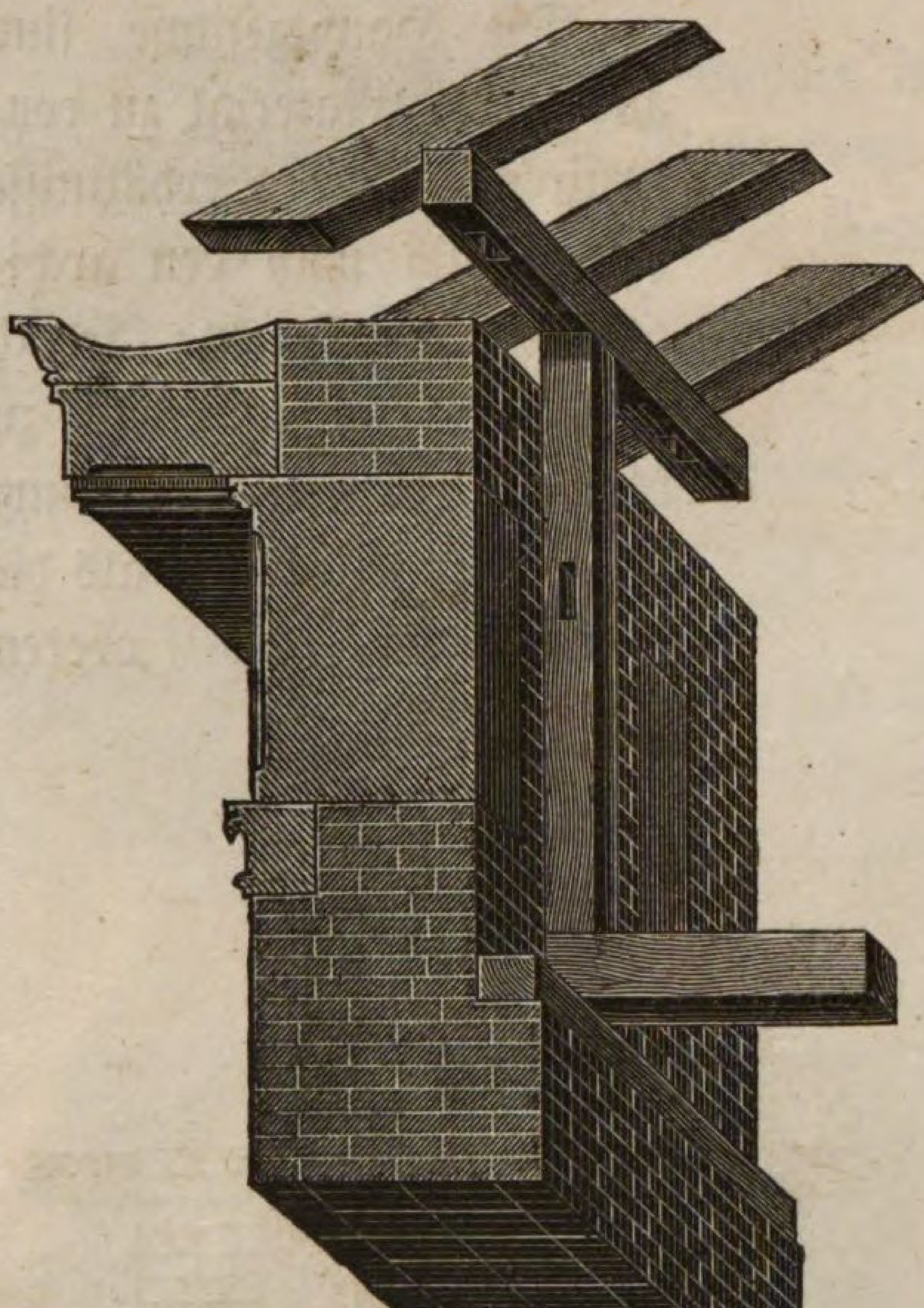
Fig. 79.



Um ein Vorüberkippen zu verhüten, werden die Ankersteine (Binder) bis zur Dachfläche hintermauert; häufig kann die Belastung der Sandsteingesimse direct durch die Balkenlage erfolgen.

Ist das Hauptgesims ein sogenanntes Konsolengesims, wobei also die Unterglieder verhältnißmäßig am größten sind, so gehen die Konsolen als Binder durch die ganze Stärke der Mauer, die Hängeplatte ruht darauf als Läuferstein und ragt nur circa 0,08 ^{m} (3'') in die Mauer. (Fig. 80.)

Fig. 80.



Die Zwischenräume sind dann alle mit Backsteinen auszumauern.

Bei Rohbauten,[1] deren Gesimse aus Formsteinen hergestellt werden, ist stets zu beachten, daß jeder vorragende Stein gehörig durch andere Backsteine unterstützt ist; eine bestimmte Regel läßt sich hierbei nicht feststellen. Solche Gesimse sollen immer eine geringere Ausladung, als die gewöhnlichen in Sandsteinausführung zeigen. (Fig. 81.)

Sollen Sandstein-Gesimse durch Cement- oder Kalkputz nachgeahmt werden, so springen die Backsteine bei der Hängeplatte zu weit vor, so daß eine Hülfsconstruction aus Eisen erfolgen muß. (Fig. 82.)

Es liegen deshalb ankerartig alle 1 ^{m} eiserne Flachschienen in der Mauer, hierauf wird ein eiserner Rost gebildet, auf welchem das vorspringende Gesims ruht.

---

1) Schöne Beispiele sind in Fleischinger und Becker „Der Rohbau."

Fig. 81.

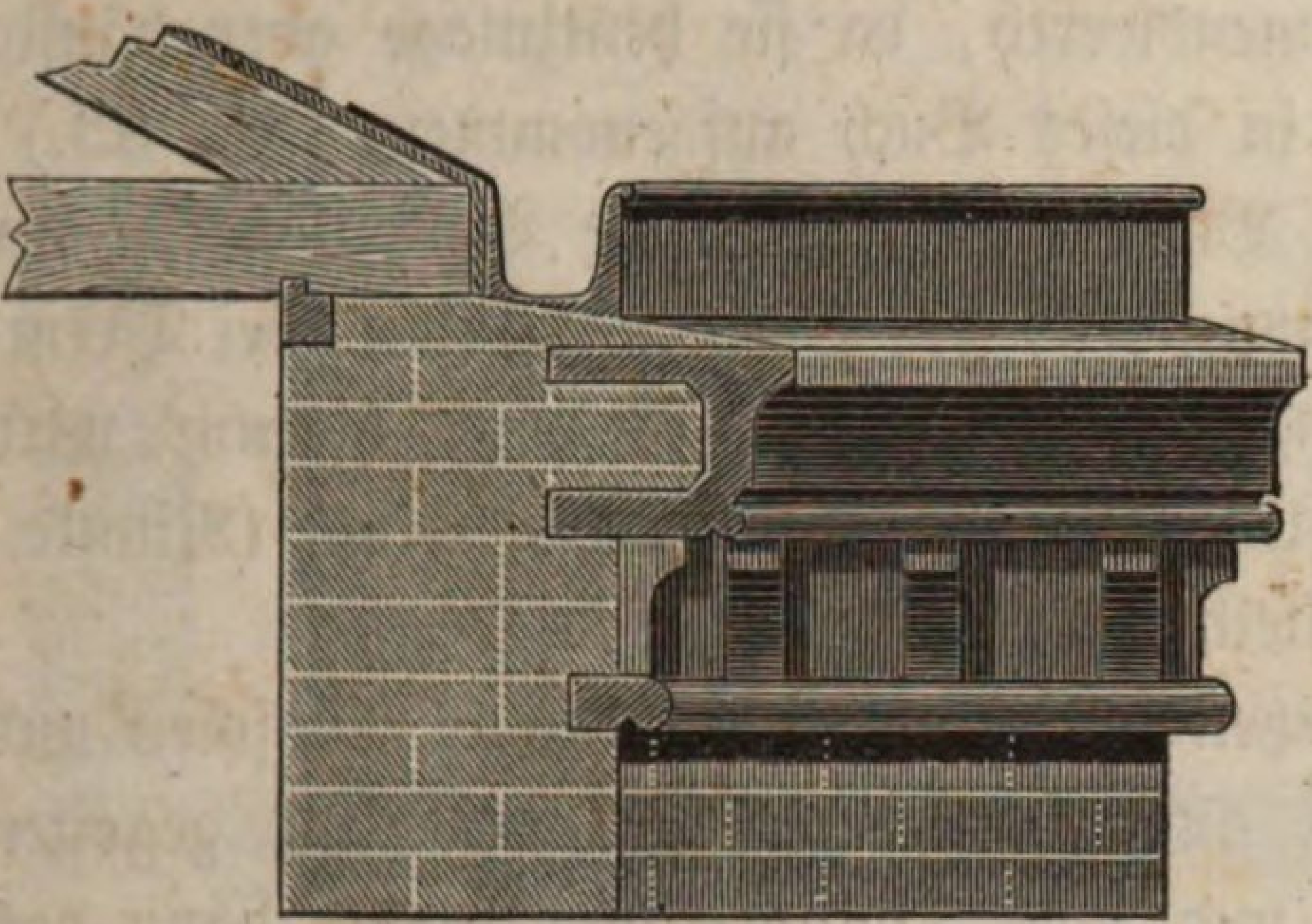


Fig. 82.

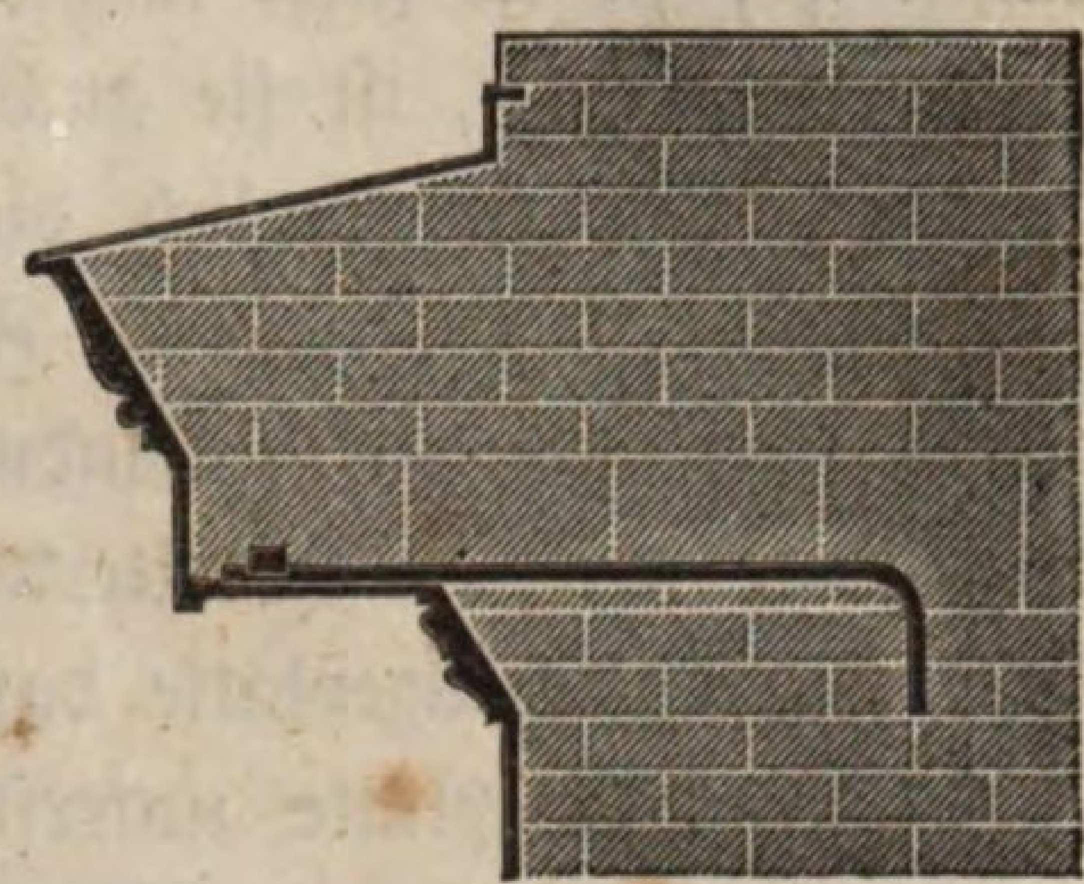
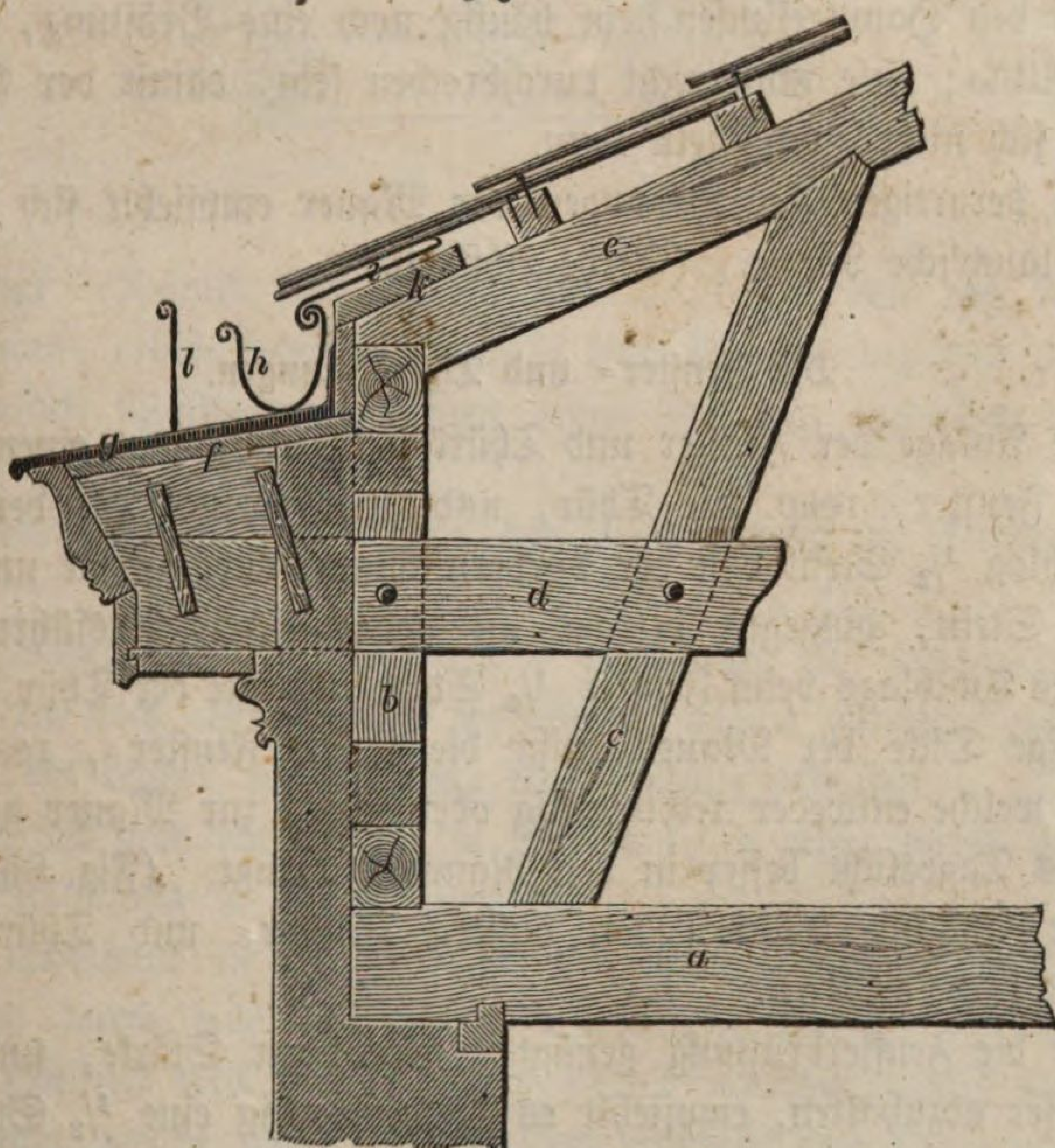


Fig. 83



Schließlich wird hierüber mittelst der Chablone ein Cement- oder Kalküberzug gebracht, und die Oberfläche dieses Gesimses mit Zinkblech abgedeckt.

Bei den leichten Speculationsbauten in Berlin hat sich eine Hauptgesimsconstruction eingeschlichen, welche nur für kurze Zeit den Witte-

rungseinflüssen widersteht, sowie wohl eine der größten architektonischen Lügen ist; sie ist nicht nachahmenswerth, da sie heutzutage aber häufig angewendet wird, ist sie auch in dieses Buch aufgenommen. (Fig. 83.)

Es springen nämlich die Balkenköpfe (falls die Balkenlage in der Gesimshöhe liegt), oder die Zangen (d) der Dachconstruction (bei Drempelwänden) bis zur Ausladung des Hauptgesimses vor; hierum wird der Länge nach ein Bretterkasten genagelt, welcher die Sima (Rinnleisten) und die Hängeplatte darstellt.

Die Hängeplatte unterstützen schließlich eingeschraubte Consolen und Unterglieder, welche entweder aus Cement, Gips oder Zink gegossen werden; ein Oelfarbenüberzug und eine Zinkabdeckung schützt dann das Holz und die Gußsachen.

Auf den Hauptgesimsen steht häufig noch eine Brüstung, eine sogenannte Attika; diese muß recht durchbrochen sein, damit der Schnee ꝛc. dahinter sich nicht ansammeln kann.

Bei derartigen Ueberhöhungen der Mauer empfiehlt sich besonders die Knoblauch'sche Rinne. (Siehe Abth. 3.)

Die Fenster- und Thüröffnungen.

Die Anlage der Fenster und Thüröffnungen bedingt einen Anschlag für das Fenster, resp. die Thür, und zwar springt bei dem Fenster der Anschlag $^1/_2$ Stein von der vordern Mauerfläche zurück und bei der Thür 1 Stein, hingegen beträgt an gewöhnlichen Ausführungen die Breite des Anschlags beim Fenster $^1/_4$ Stein und bei der Thür $^1/_2$ Stein. Die übrige Dicke der Mauer heißt die innere Fenster-, resp. Thürlaibung, welche entweder rechtwinklig oder schräg zur Mauer geneigt ist, damit das Tageslicht besser in den Raum eindringt. (Fig. 85.)

Der Abstand zwischen den äußern Fenster- und Thürlaibungen heißt das l i c h t e M a ß.

Für die Fensterbrüstung genügt 1 Stein zur Stärke, und um die Kälte besser abzuhalten, empfiehlt es sich, inwendig eine $^1/_2$ Stein starke Hohlziegelmauer oder Fensterbrüstungsmauer im hohlen Verband aufzuführen. (Siehe Fig. 7—10 und 15.)

Das Fenster besteht aus der Sohl- oder Fensterbank, dem Fenstergewände und Fenstersturz. Wird die Sohlbank aus Haustein (Sandstein oder Granit) gefertigt (Fig. 84. 85. 86), dann muß sie an jeder Seite um circa 0,16 ^{m} (6″) breiter sein, als das Lichtmaß des Fen-

Fig. 84. 85. 86.

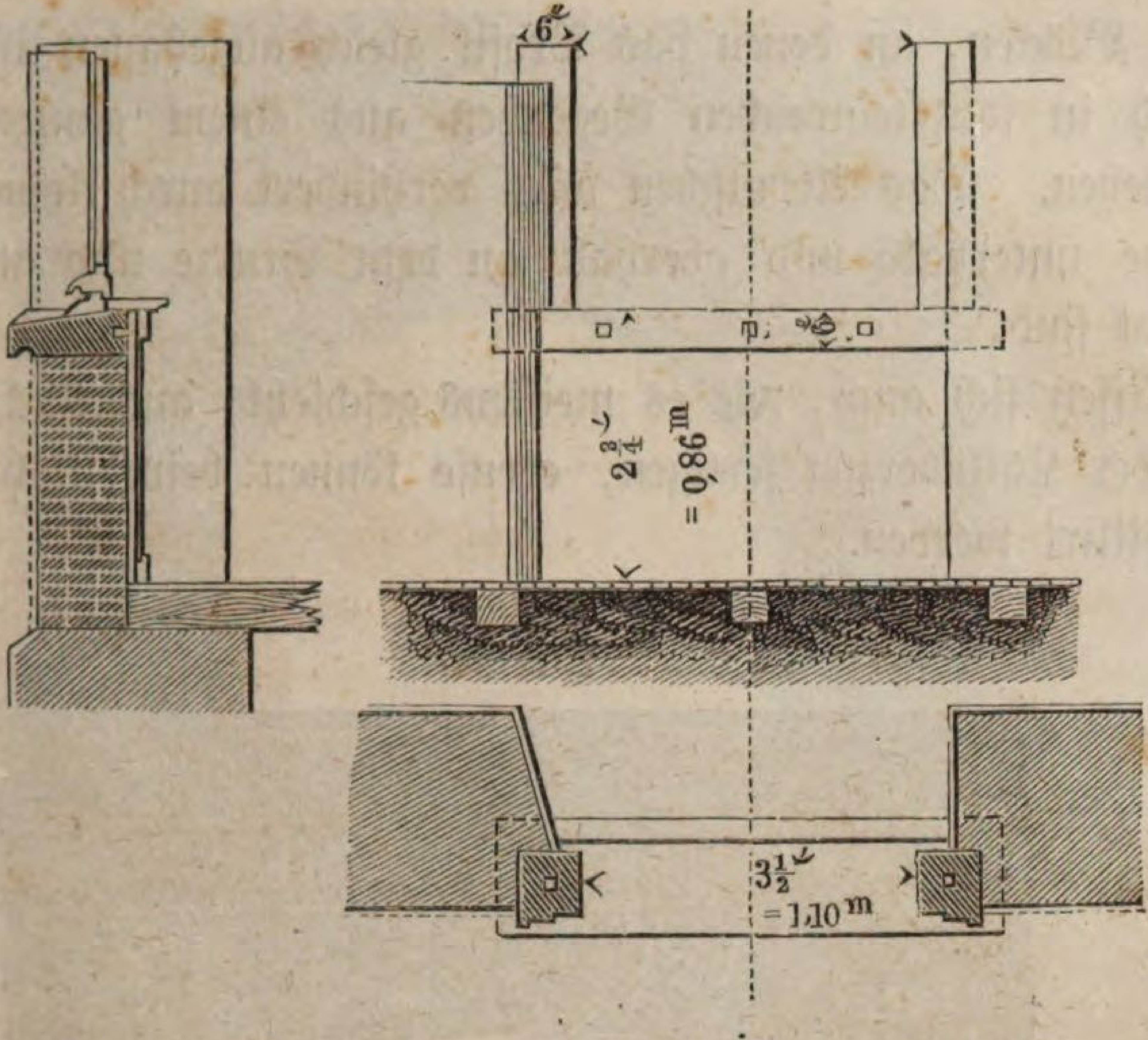
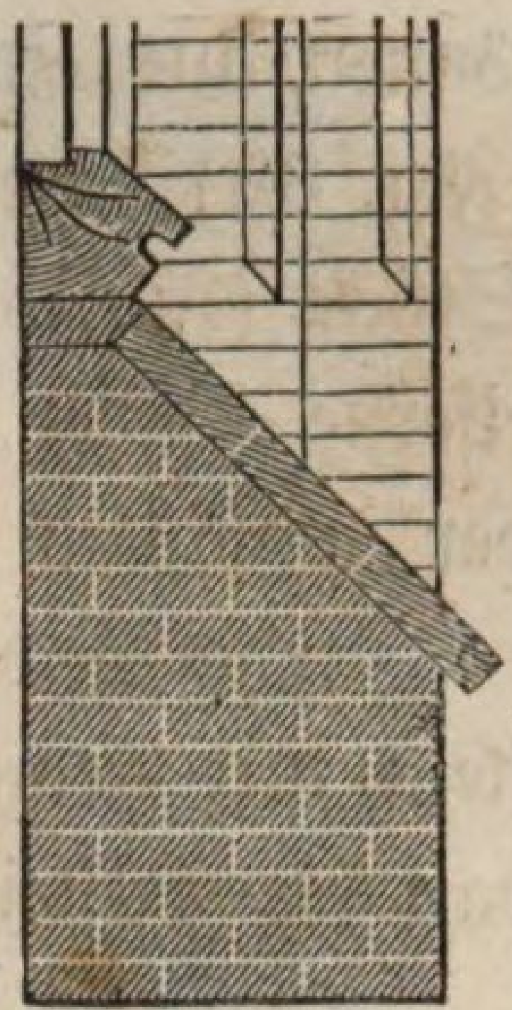


Fig. 87.



sters beträgt. Damit das Regenwässer ꝛc besser von der Sohlbank ablaufen kann, erhält dieselbe oberhalb eine Abwässerung und unterhalb eine sogenannte Wassernase. Gegen einen Falz legt sich dann der Fensterrahmen.

An der Hinterseite wird in den Dubellöchern die Holzbekleidung befestigt.

In Orten, wo viel Sandstein ꝛc. vorhanden ist, werden die Brüstungsmauern noch mit Platten verblendet, welche entweder glatt bleiben, oder, bei reicher Ausführung, eine Füllung erhalten.

Unterstützt noch ein Consol die Sohlbank, so reicht dieses um mehr als seine Ausladung in das Mauerwerk.

Die Sohlbank ist im Rohbau aus Formsteinen herzustellen und im Putzbau durch eine Rollschicht, welche mit Cement mittelst einer Chablone profilirt wird. Wie schon früher erwähnt, muß dann eine Zinkabdeckung, welche theils in den Putz eingreift und theils gegen den Fensterrahmen angenagelt wird, das Gesims vor Nässe schützen.

Gothische Backsteinrohbauten erhalten häufig eine sehr starke Abschrägung anstatt einer besonders profilirten Sohlbank. (Fig. 87.)

Aehnliche Abschrägungen, aber im kleinen Maßstabe, zeigen einfache Bauten im Rohbau.

Die Fenstergewände

können aus einzelnen Blöcken, an denen das Profil gleich angehauen ist (Fig. 88), oder auch in sandsteinreichen Gegenden aus einem ganzen Stücke (Fig. 86) bestehen. Das Abrutschen wird verhindert durch kleine eiserne Dübel, welche unterhalb und oberhalb an dem Sturze und an der Sohlbank befestigt sind.

Die Gewände lassen sich auch, wie es meistens geschieht, aus Backstein mit Cement- oder Kalküberzug fertigen, ebenso können beim Rohbau die Ecksteine profilirt werden.

Fig. 88.

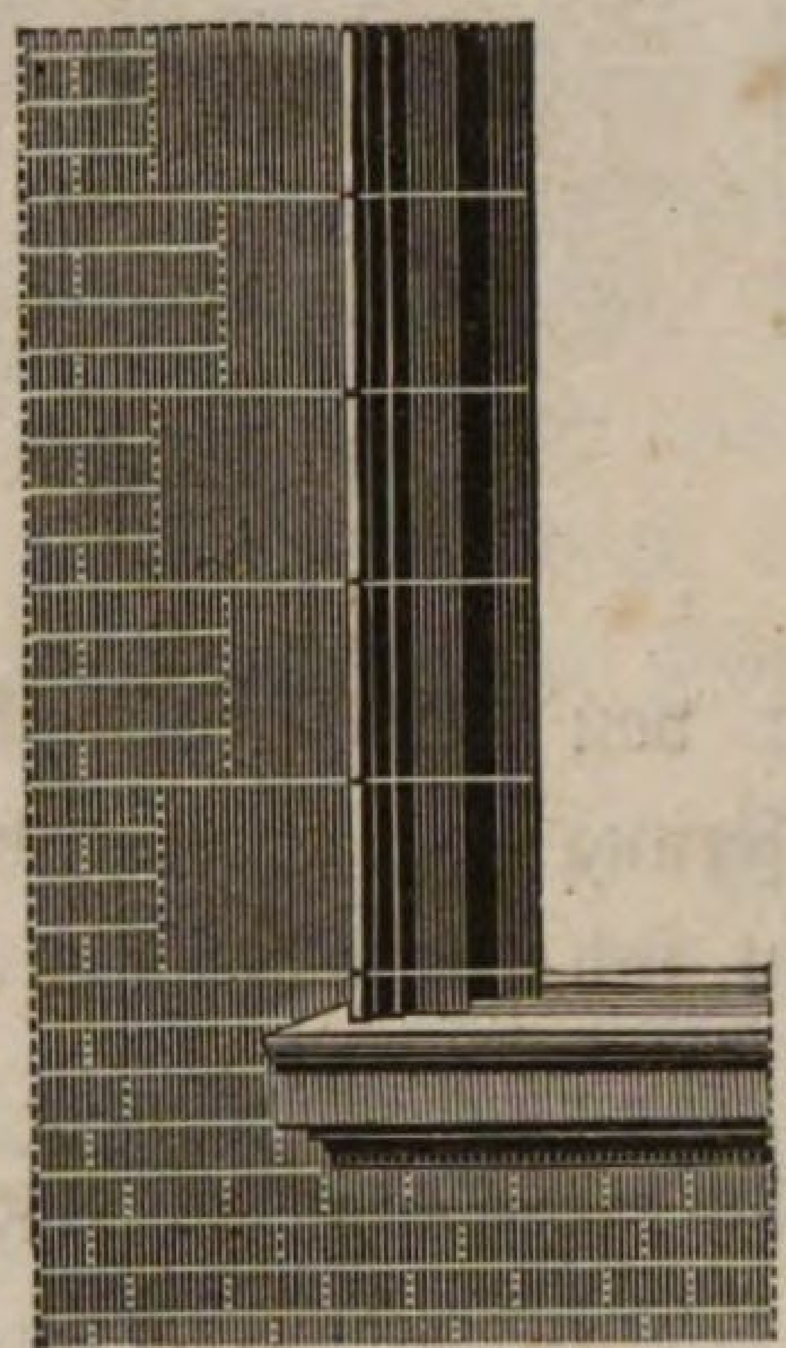
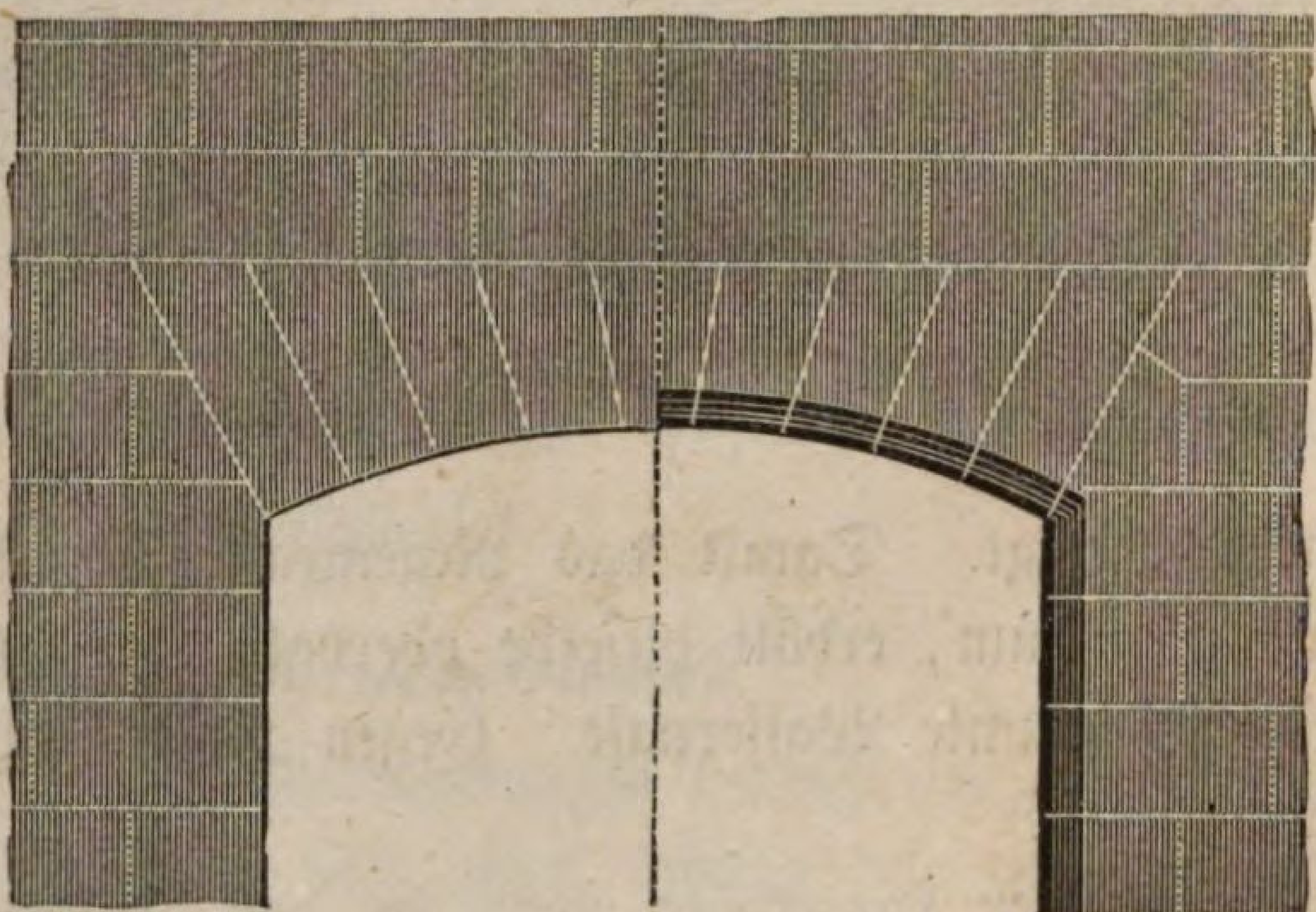


Fig. 89.



Der Fenster- und Thürsturz.

Er kann entweder geradlinig oder bogenförmig gebildet sein.

Besteht er aus einem scheitrechten Bogen in Schnittsteinen, so sind die Centralfugen etwas zu brechen.

Wegen der geringen Tragfähigkeit der scheitrechten Sandsteinbögen ist der Kreissegmentbogen mehr zu empfehlen.

Hierbei ist die obere Kante des Wölbsteines geradlinig, da sonst spitze Winkel entstehen, welche streng zu vermeiden sind (Fig. 89). Dieser Grundsatz ist auch beim halbkreisförmigen Bogen zu beachten. Die Bögen aus Schnittsteinen dürfen **keine** ankerartig gestaltete Wölbsteine haben, da außer dem unnöthigen Materialverlust bei dem Anfertigen noch der Nachtheil entsteht, daß in Folge eines Setzens des Gebäudes die Ankersteine leicht brechen. (Fig. 90.)

Fig. 90.

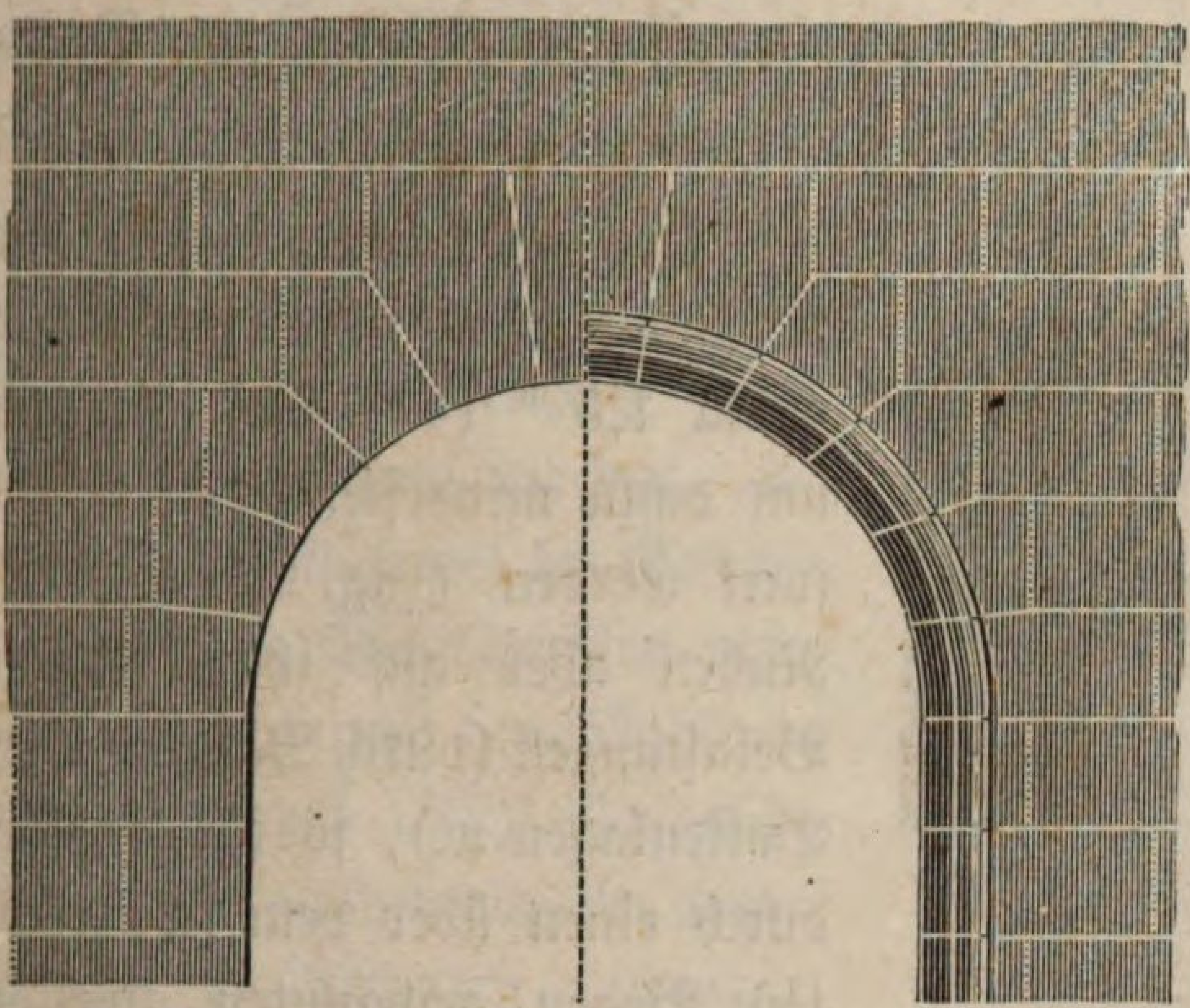
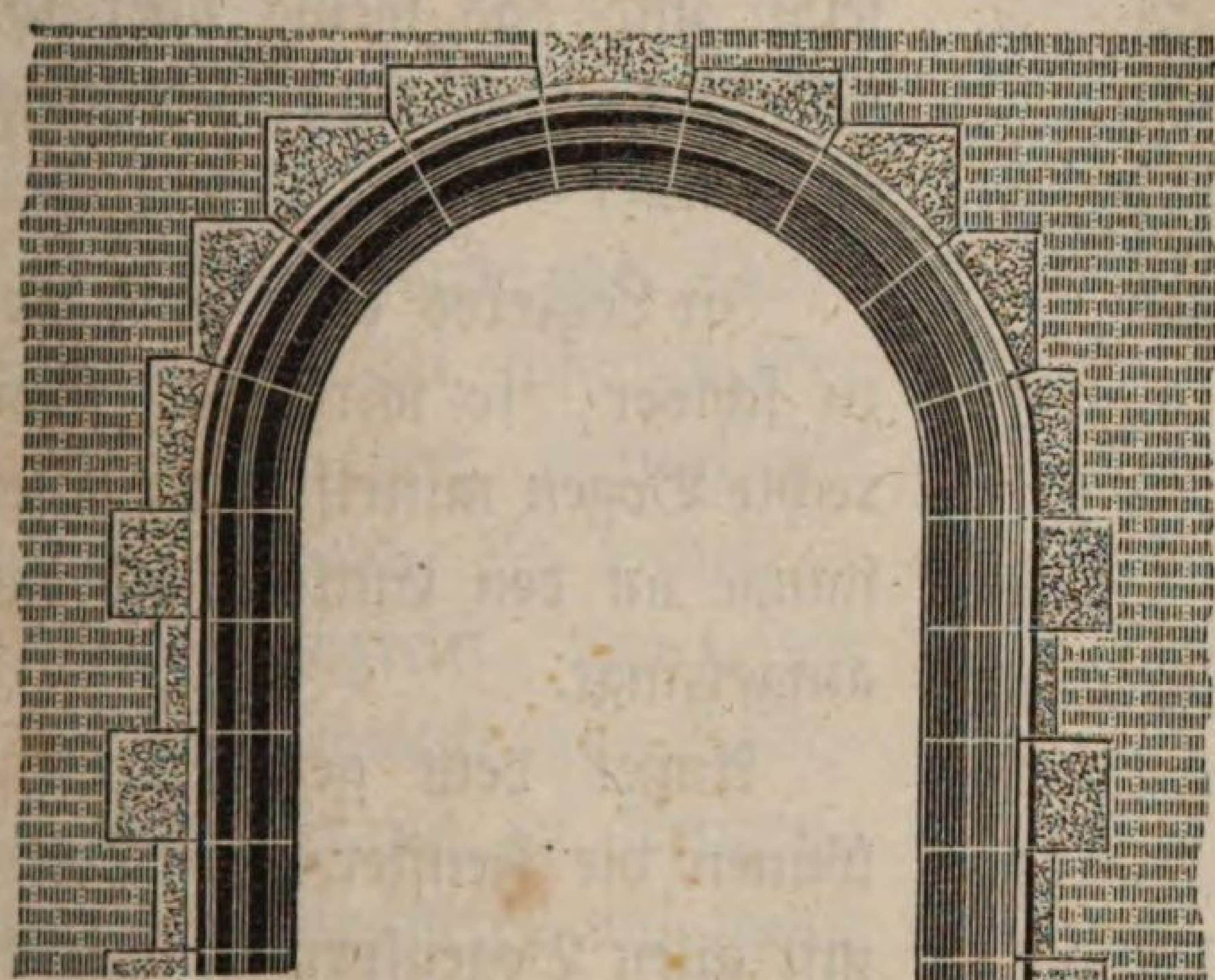


Fig. 91.



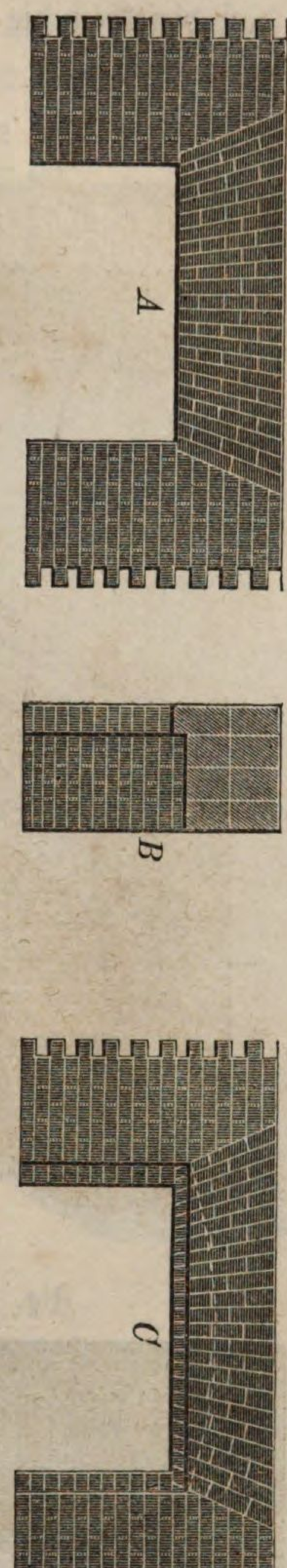


Fig. 92.

Häufig kommt es in sandsteinarmen Ländern vor (namentlich bei öffentlichen Gebäuden), daß nur der Fensterbogen aus Sandstein hergestellt, die Mauerfläche dagegen geputzt wird; in einem solchen Falle werden die Wölbsteine in nebenstehender Art bearbeitet. (Fig. 91.)

Die gewöhnliche Herstellung der Fenster- und Thürsturze in Norddeutschland geschieht mit Backsteinen.

Eine Hauptregel der Bögen, sowohl aus Backstein als Sandstein, ist, daß dieselben die ganze Stärke der betreffenden Mauer zur Breite haben müssen.

Fig. 93.

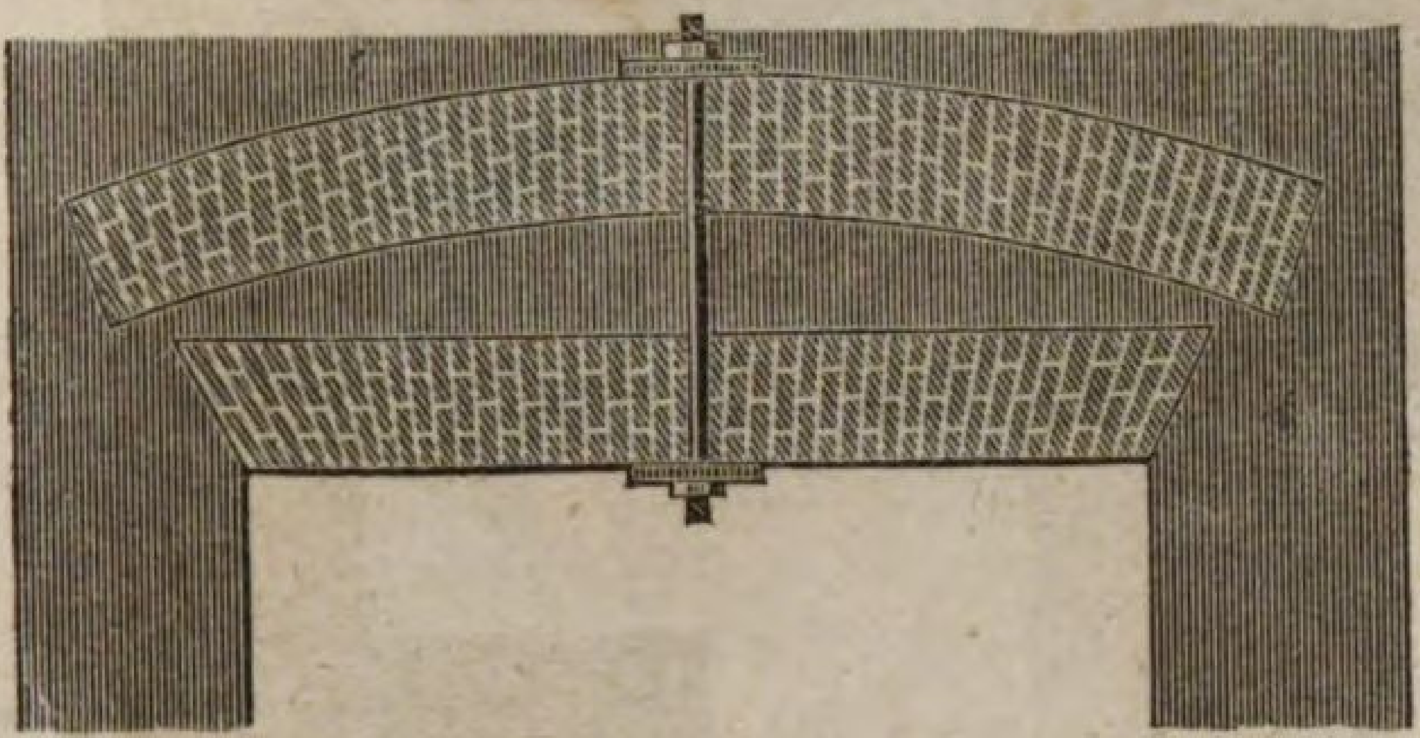


Fig. 94.

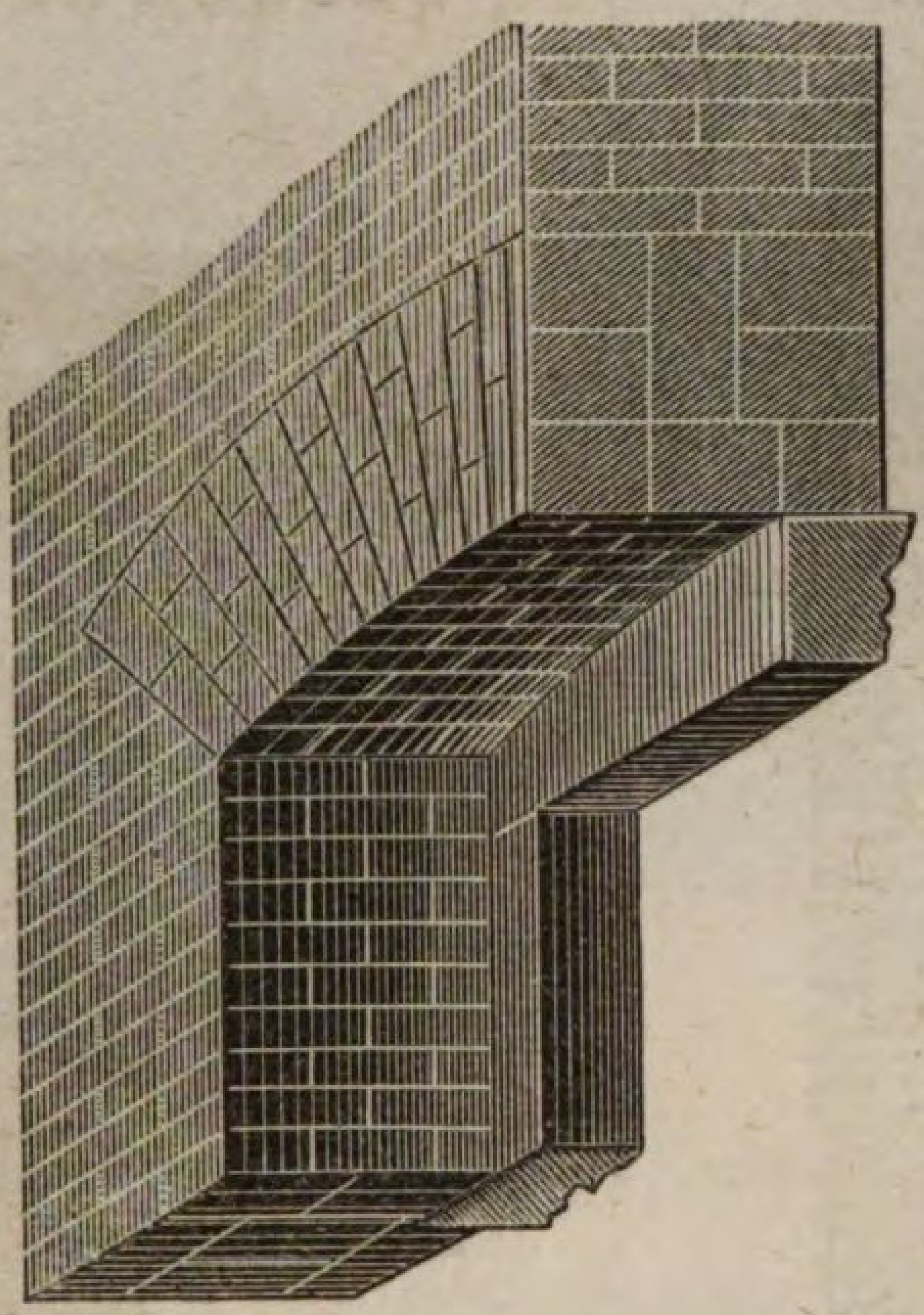
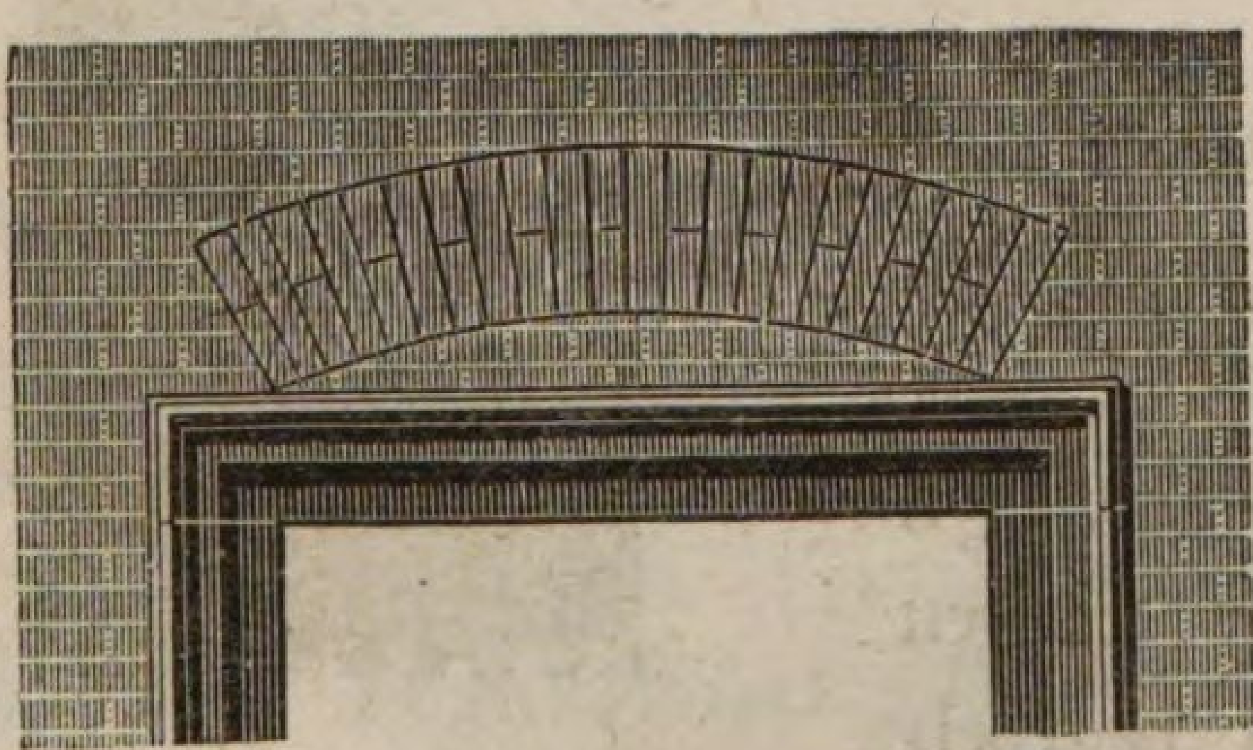


Fig. 95.



Der scheitrechte Bogen aus Backstein darf nicht mehr als circa 1,5 m (4′) frei gespannt und dann mindestens $1^1/_2$ Stein stark werden. (Fig. 92 A B C.) Ruhen aber auf ihm größere Belastungen (durch Mauer- oder Balkenlagen ꝛc.), so ist dieselbe, durch einen über dem scheitrechten Bogen gespannten zweiten Bogen, aufzufangen, wodurch der scheitrechte Bogen nur sich selbst und das wenig über ihm befindliche Füllmauerwerk trägt. (Fig. 93.)

Ist Letzteres aber auch noch zu schwer, so wird der scheitrechte Bogen mittelst einer Eisenstange an den Entlastungsbogen aufgehängt.

Außer dem geraden Sturz können die Fenster und Thüren mit allen Bogenformen überdeckt werden.

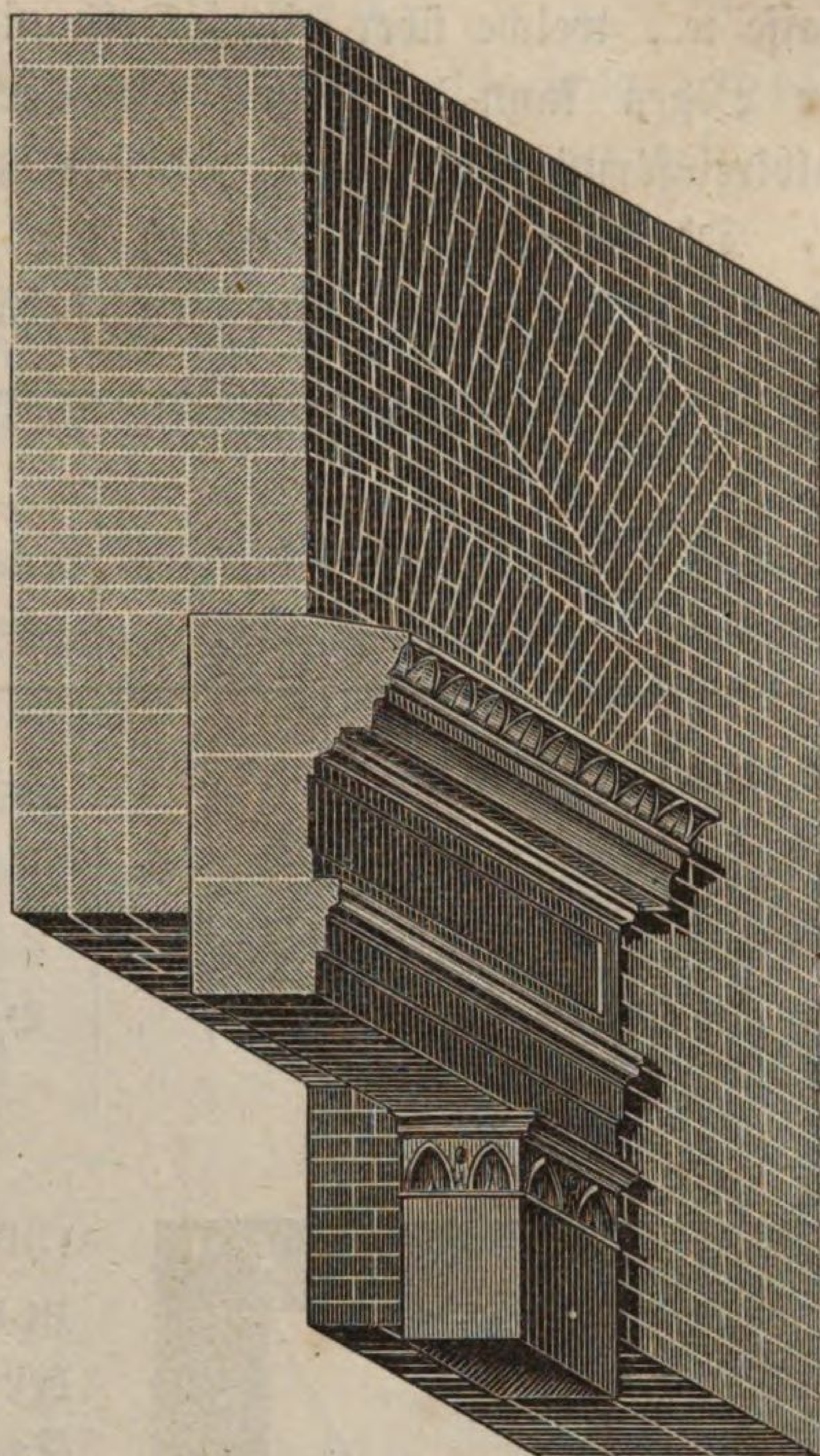
Die bogenförmigen Fenster- und Thürsturze bei den Rohbauten können ornamentirte und profilirte Steine erhalten.

Häufig besteht der Fenstersturz aus einem Sandsteinblocke, und damit das Mauerwerk ihn nicht durchbreche, wird ein Entlastungsbogen darüber gespannt. (Fig. 94 und 95.)

Bei größeren Fenster- und Thüranlagen werden 2 Entlastungsbogen übereinander, von verschiedener Pfeilhöhe, angelegt. (Fig. 96.) Dieses Beispiel stellt eine Fenster- oder Thüröffnung dar, welche Sandsteinumfassungen hat.

Soll die Sandsteinarchitektur durch Mörtelputz von außen nachgeahmt werden, so springen, ähnlich wie bei Gesimsen, einzelne Steinschichten vor, welche nachher mit der Chablone profilirt werden (Fig. 97), alsdann wird auswendig ein gerader Sturz, hingegen inwendig ein Stichbogen angelegt.

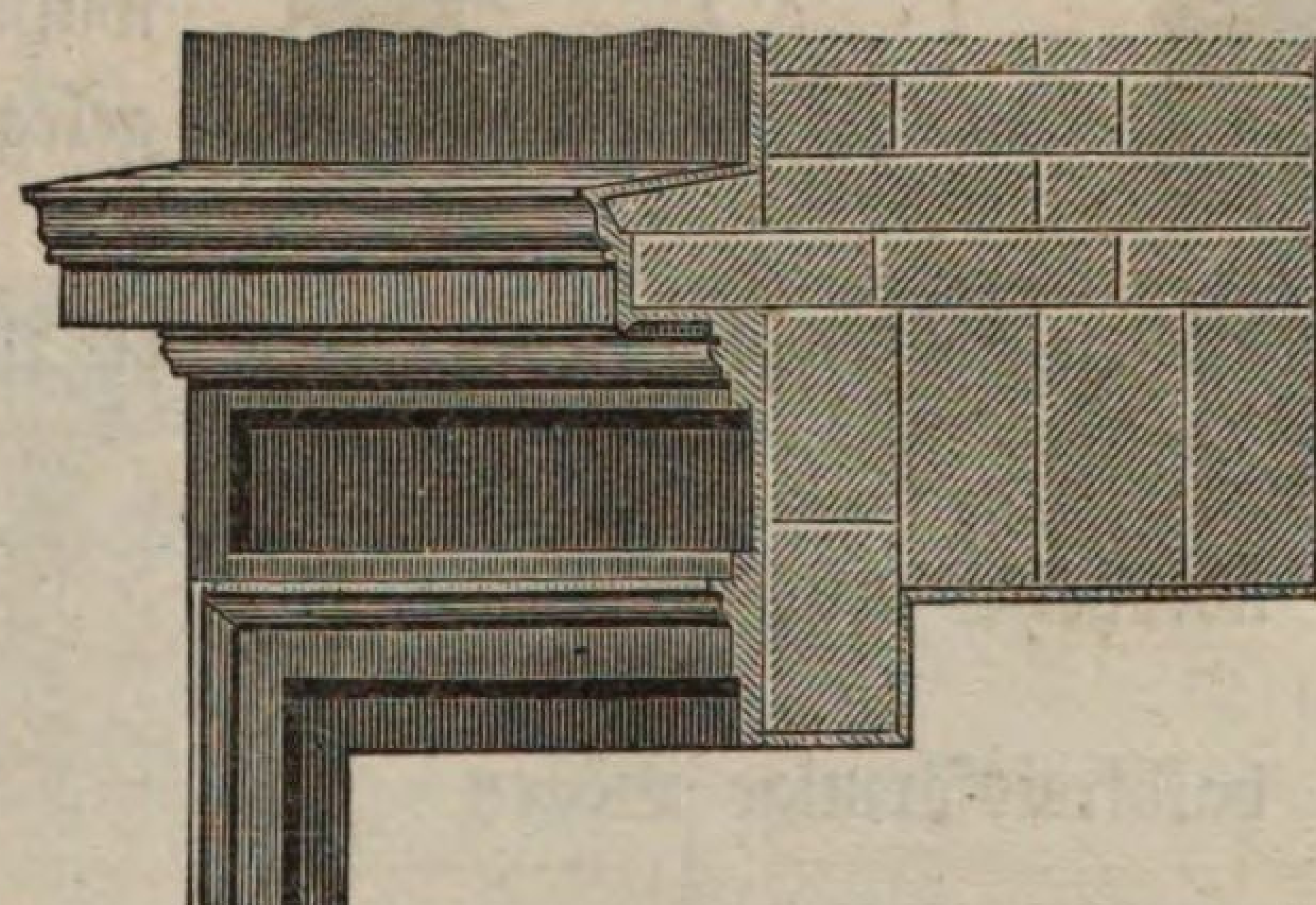
Fig. 96.



Für die Thür gilt größtentheils dasselbe, was bei den Fenstergewänden und Fenstersturzen gesagt worden ist.

Die Thürsohle oder Thürschwelle [1] wird bei einfachen Gebäuden aus einer Eichenbohle hergestellt, welche ein wenig in die Mauer eingreift. Am besten ist es, die Schwelle aus Sandstein oder Granit zu fertigen; hingegen ist Backstein, auch wenn er überputzt wird, nicht zu empfehlen.

Fig. 97.



Die Schwelle liegt mit dem Fußboden bündig, da sonst der Fuß leicht stolpern könnte; die Breite ist gleich der äußeren Thürlaibung. Die Schwelle springt auch nicht vor die Frontmauer, es sei denn, daß erstere

1) Dieselbe bei den Freitreppen Abtheil. 5.

gleichzeitig als Trittstufe dient. Zweckmäßig ist es, der Oberfläche der Schwelle nach außen hin eine geringe Abwässerung zu geben.

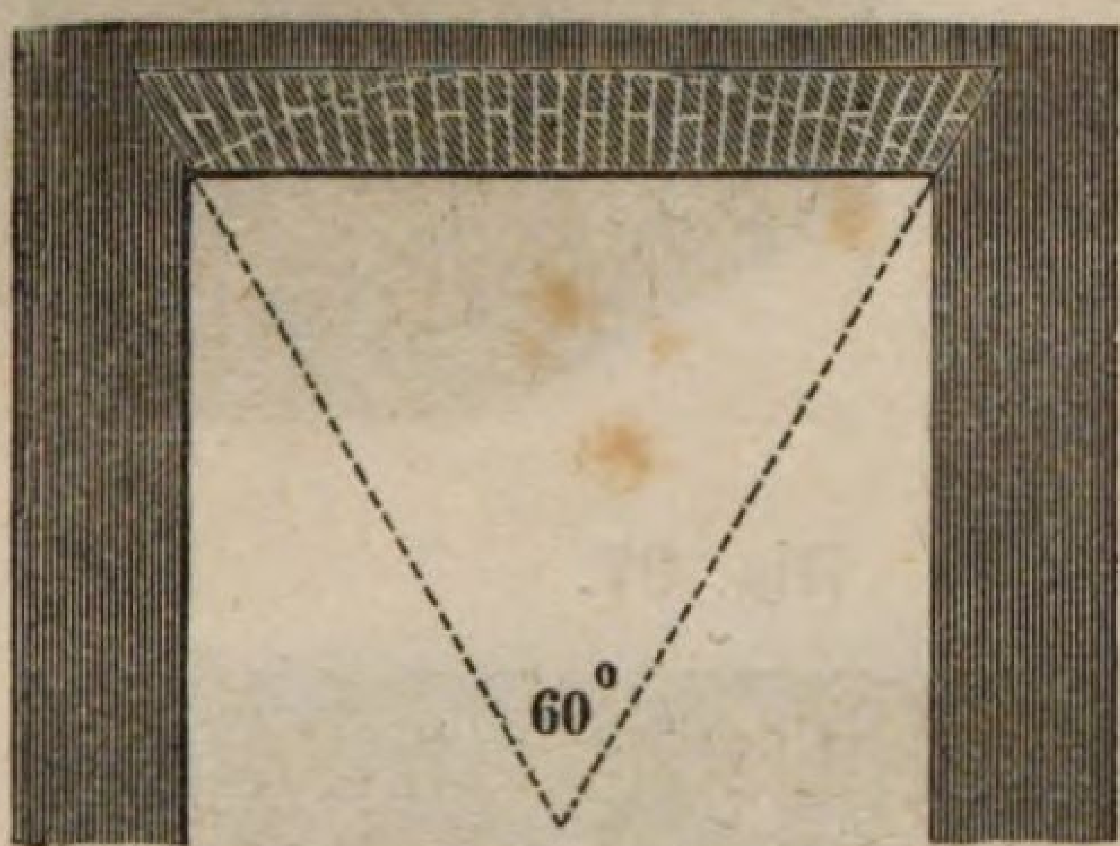
Die Mauerbögen.[1]

Dieselben haben, wie schon früher gezeigt, den Zweck, eine Mauermasse ꝛc., welche über einer Oeffnung liegt, zu entlasten. Die Form der Bögen kann geradlinig (gerader Sturz oder scheitrechter Bogen), halbkreisförmig, spitzbogig, gedrückt oder erhöht ꝛc. sein.

Die üblichen Dimensionen der Bögen in Umfassungs= und Mittelmauern bei 3= bis 4stöckigen Gebäuden sind folgende:

Bei einer Spannweite	Breite der Bögen im Scheitel.		
	Halbkreisförmige Bögen.	Ueberhöhte oder Spitzbögen.	Gedrückte Bögen bis 1/8 der Pfeilhöhe.
bis circa 1,88 m (6′)	1 Stein	1/2 Stein	1 1/2 Stein
von circa 2—3 m (7′—10′) . .	1 1/2 =	1 =	1 1/2—2 Stein
von circa 3,5—5,75 m (11′—18′)	2 =	1 1/2 =	2—2 1/2 =
von circa 6—8,5 m (19′—27′) .	2 1/2 =	1 1/2—2 =	2 1/2—3 =

Fig. 98.



Größere Bögen als circa 11 m (36′) pflegt man im Hochbau nicht zu machen; diese erhalten $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{12}$ der lichten Weite zur Stärke. Die Stärke der scheitrechten Bögen erhält man, wenn bei einem Mittelpunktswinkel von 60° ein Halbkreis zu Grunde gelegt wird. (Fig. 98.)

Für die **Widerlagsstärke** der belasteten Bögen lassen sich folgende Abmessungen beim Entwurfszeichnen zu Grunde legen:

überhöhte und Spitzbogen . . . . . $\frac{1}{5\frac{1}{2}}$ bis $\frac{1}{6}$ der Spannweite,

halbkreisförmige Bögen . . . . . $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{5\frac{1}{2}}$ = =

1) Die Verstärkung derselben siehe unter: Verstärkung der Gewölbe und Bögen.

flache Bögen mit einer Pfeilhöhe von mindestens $^1/_4$ der lichten Weite . . . . $^1/_4$ bis $\frac{1}{4^1/_2}$ der Spannweite,

flache Bögen mit einer Pfeilhöhe von mindestens $^1/_8$ der Lichtweite . . $\frac{1}{3^1/_2}$ bis $^1/_4$ „ „

scheitrechte Bögen . . . . . . $^1/_3$ bis $^1/_4$ „ „

Wenn die Höhe der Widerlagsmauern mehr als circa 3 m (10′) beträgt, so werden obige Abmessungen um $^1/_6$ der Höhe verstärkt.

Die Gewölbe.

Zu den Gewölben wird meistens der Backstein verwendet, und nur Tonnengewölbe findet man in steinreichen Gegenden aus Bruchstein gewölbt.

Das wichtigste Gewölbe ist das Tonnen- oder Kufengewölbe (Fig. 99. 100. 101), denn wie allgemein bekannt sein wird, werden aus ihm alle übrigen Gewölbearten abgeleitet.

Fig. 99.

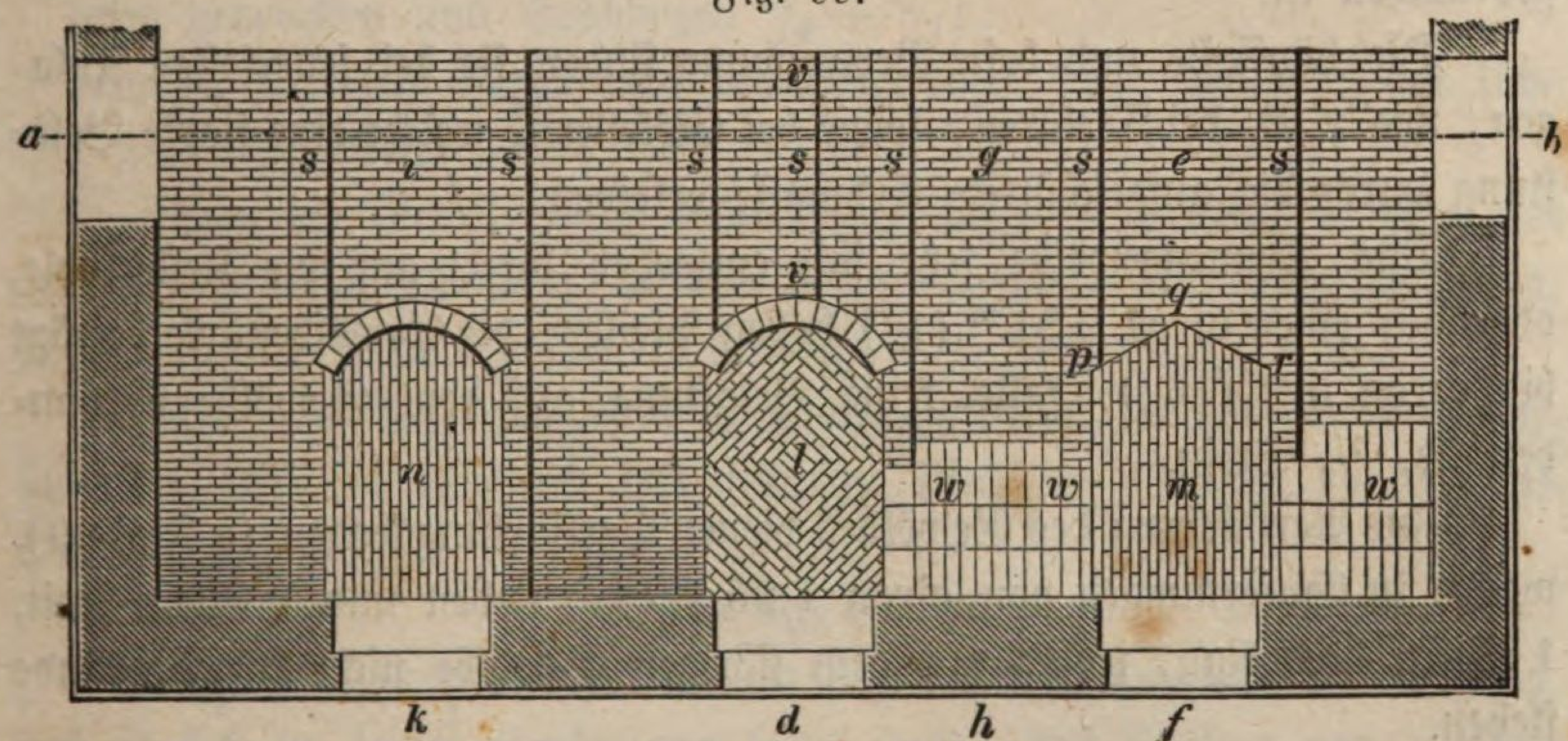


Fig. 100.

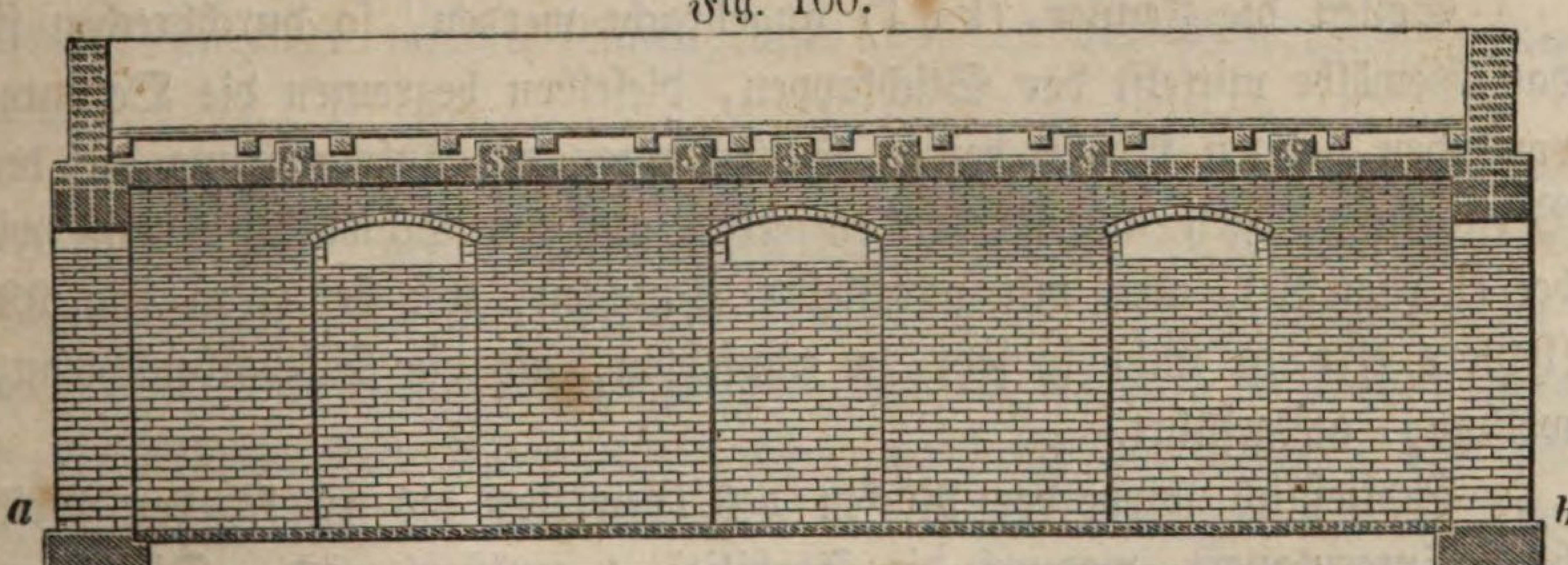
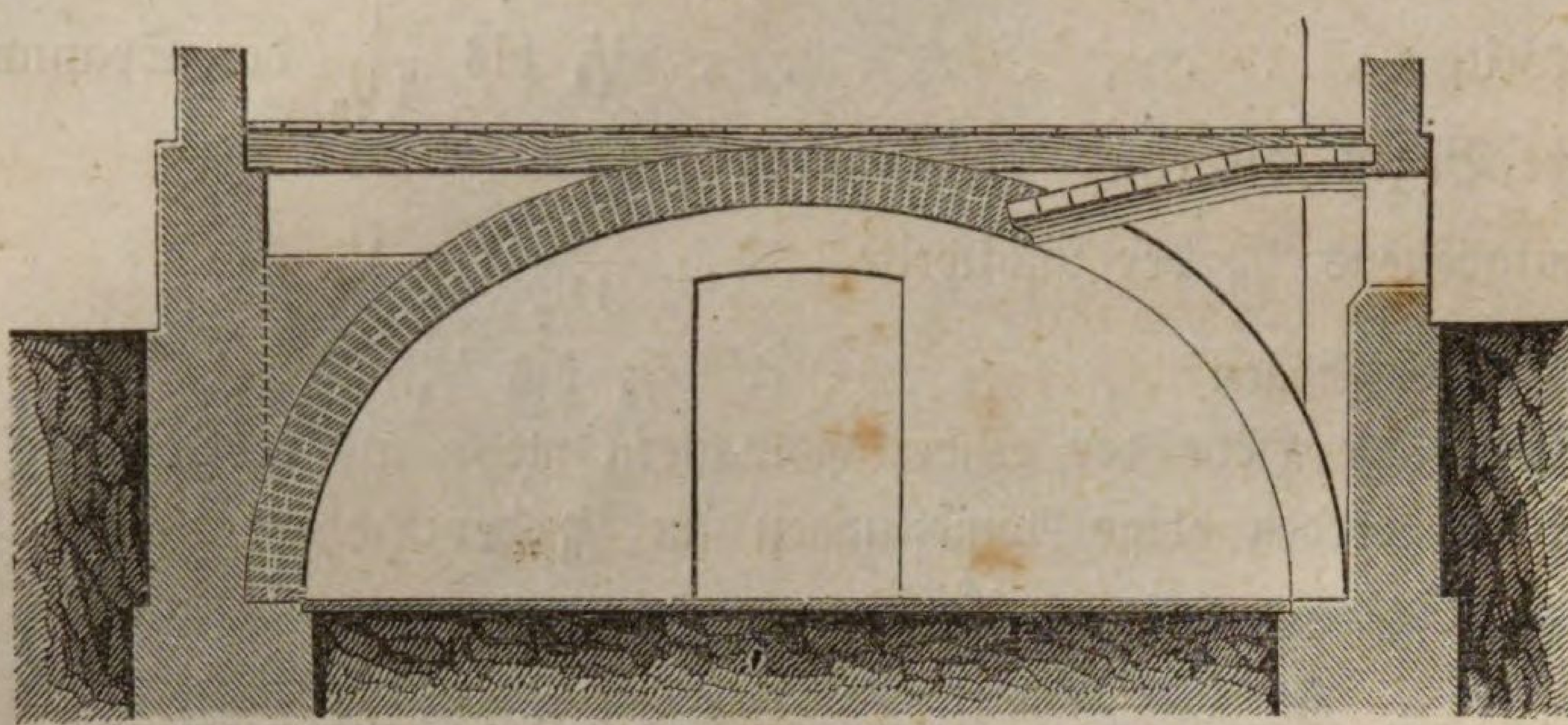


Fig. 101.



Das Tonnengewölbe ist mit einem hohlen Cylinder zu vergleichen, welcher einen halbkreisförmigen oder elliptischen Querschnitt haben kann.

Die Tonnengewölbe werden in neuerer Zeit wenig angelegt, da sie den Nachtheil haben, daß Fensteröffnungen 2c. schlecht anzubringen sind, und außerdem noch an den Wänden ein bestimmter Raum nicht zu gebrauchen ist.

Die häufigste und beste Verwendung finden sie bei feuerfesten Anlagen, wie z. B. bei Tresoren, sowie bei Eiskellern, welche eine starke Belastung durch die aufgeschüttete Erdmasse erleiden.

Das Tonnengewölbe setzt sich entweder direct auf die Kellersohle, oder auf einen circa 0,31 m (1.′) hohen Pfeiler, die Gewölbestärke beträgt bis circa 5 m (16′), falls keine Belastung auf dem Gewölbe vorhanden ist, $^1/_2$ Stein.

Zur Verstärkung des Gewölbes dienen Verstärkungsbogen (s Fig. 99), welche in Entfernungen von circa 1,25 m (4′) stehen und 1 Stein breit, 1 Stein hoch sind, jedoch mit dem übrigen Gewölbe nicht im Verbande stehen.

Sollen die Fenster (k d f) angebracht werden, so durchbrechen sie das Gewölbe mittelst der Stichkappen, dieselben begrenzen die Oeffnung von oben, lehnen sich zu beiden Seiten gegen die Aufmauerung auf den Verstärkungsbögen und werden entweder auf den Schwalbenschwanz wie bei (l Fig. 99), oder mit parallelen Schichten, wie bei (n m Fig. 99) (letztere Art ist nicht so sehr zu empfehlen, als die Schwalbenschwanzwölbung) ausgeführt.

Schließlich wird der Rücken des Gewölbes bis zu $^2/_3$ der Pfeilhöhe hintermauert, wodurch die Stabilität vergrößert wird. Die Lager-

hölzer liegen senkrecht zur Gewölbe-Scheitellinie, damit die Stichkappen nicht gedrückt werden.

Was die Dimensionen des Tonnengewölbes anbetrifft, welches auf $^2/_3$ hintermauert ist, und außer dem Parterrefußboden keine fremde Belastung erhält, so beträgt:

Die Gewölbestärke

bis circa 5 m (16′) $^1/_2$ Stein,
über 5 m (16′) 1 Stein im Scheitel,

wobei die Stärke nach dem Widerlager allmälig zunimmt. Außerdem werden noch auf je $1^1/_4$ m (4′) Entfernungen Verstärkungsbögen von 1 Stein, resp. $1^1/_2$ Stein, angelegt.

Die Widerlagsstärke richtet sich nach den Gewölbeformen und zwar:

beim halbkreisförmigen Gewölbe beträgt sie $^1/_4$ — $^1/_5$ der Spannweite,
beim überhöhten und spitzbogigen Gewölbe $^1/_5$ — $^1/_6$,
beim gedrückten und Stichbogen $^1/_4$ — $^1/_3$;
beim scheitrechten Bogen darf das Widerlager nicht unter $^2/_3$ der lichten Bogenweite sein.

Setzen die Gewölbe sich nicht direct auf den Boden, sondern liegen die Widerlagslinien circa 2 — 3 m (7 — 10′) über dem Fußboden, so werden die Widerlagsstärken um $^1/_6$ — $^1/_8$ vergrößert.

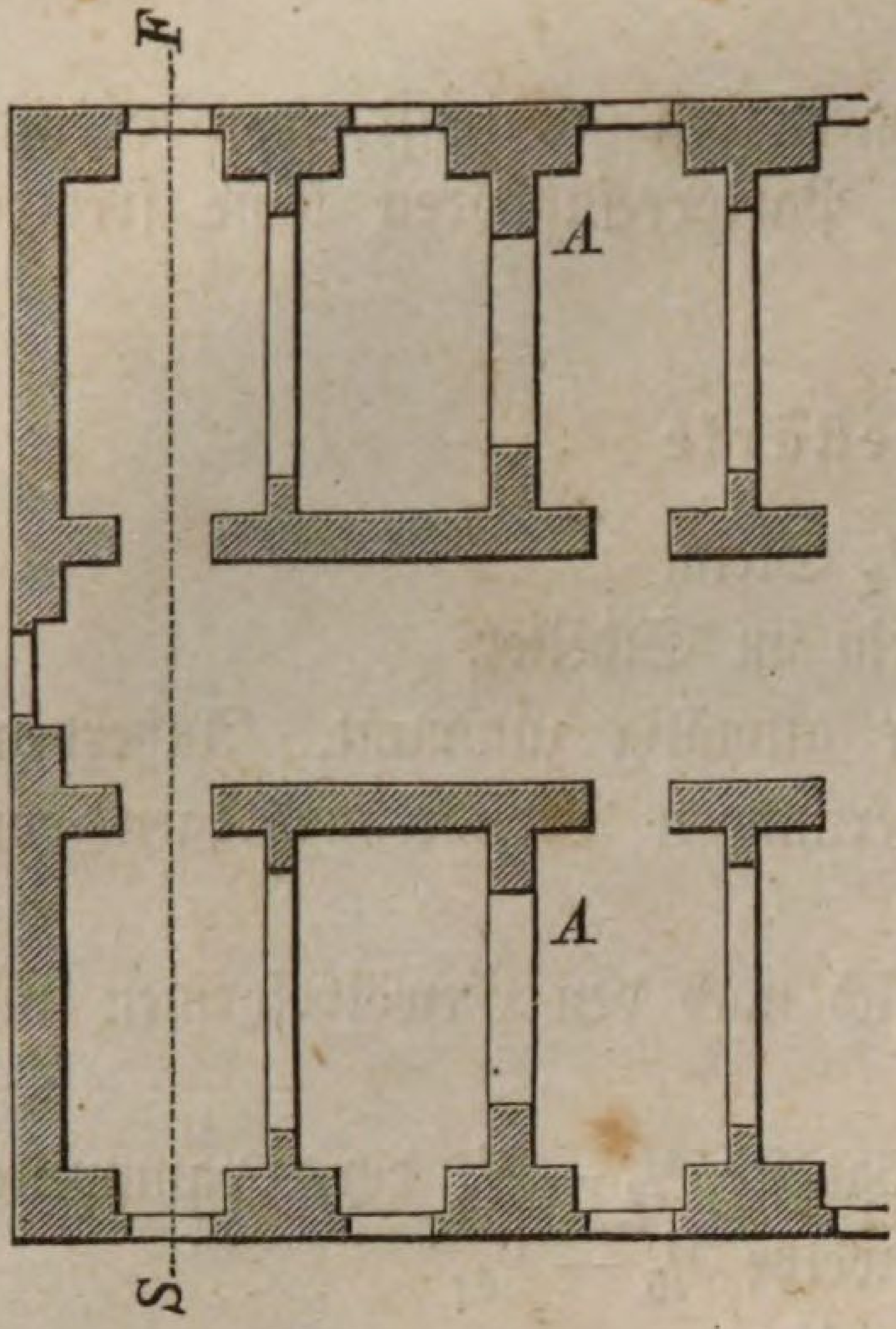
Wird ein halbkreisförmiges Tonnengewölbe so horizontal durchschnitten, daß ein Abschnitt mit geringer Pfeilhöhe entsteht, so führt es den Namen

Kappengewölbe.

Dasselbe hat vor dem bereits besprochenen Gewölbe den Vorzug, daß es sich in seiner Herstellung billig stellt, daß Fenster und Thüren bequem angelegt werden können, und daß es den Kellerraum wenig beengt.

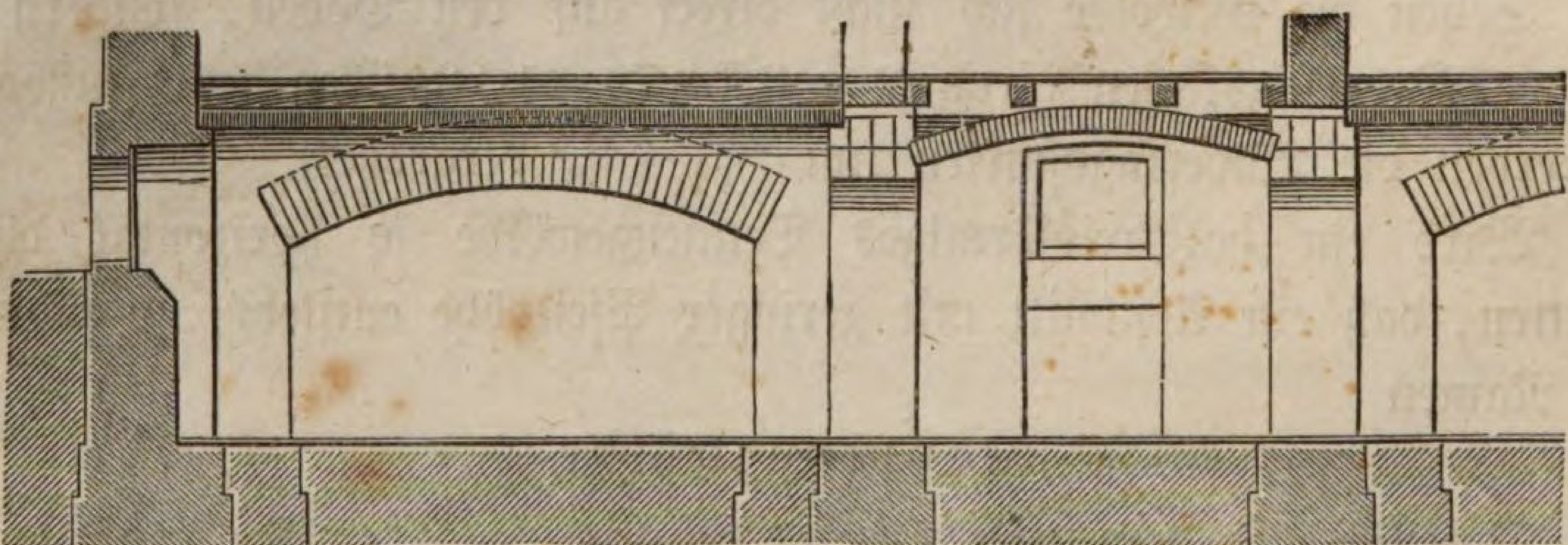
Bei guter Ausführung und gutem Material kann man Räume bis 5 m (16′) noch mit einem einzigen Kappengewölbe überdecken; größere Räume zerlegt man für geeignete Spannweiten. Soll demnach ein großer Keller mit einem Kappengewölbe überdeckt werden, so spannt man in Entfernung von 2,5 — 2,8 m (8 — 12′) in der Quere, von der Umfassungs- nach der Mittelmauer, Gurtbögen, wogegen sich die Kappen anlehnen.

Fig. 102.



Die Stellung der Gurtbögen (Fig. 102 und 103) richtet sich nach den Scheidemauern der oberen Etagen. Sind A A Scheidemauern, so muß die Anordnung der Gurtbögen mit Rücksicht auf deren Unterstützung und ebenfalls zur Aufnahme der Kappen geeignet sein. Wie wir später sehen werden, kann man an Stelle der Gurtbögen auch Eisenbahnschienen als Träger anwenden. Mit Rücksicht auf die gleiche Pfeilhöhe und den gleichmäßigen Seitenschub der Kappen muß man bei Eintheilung der Räume möglichst gleiche Spannweiten zu erzielen suchen. Die Kellerfenster müssen in der Mitte der Kappen liegen.

Fig. 103.

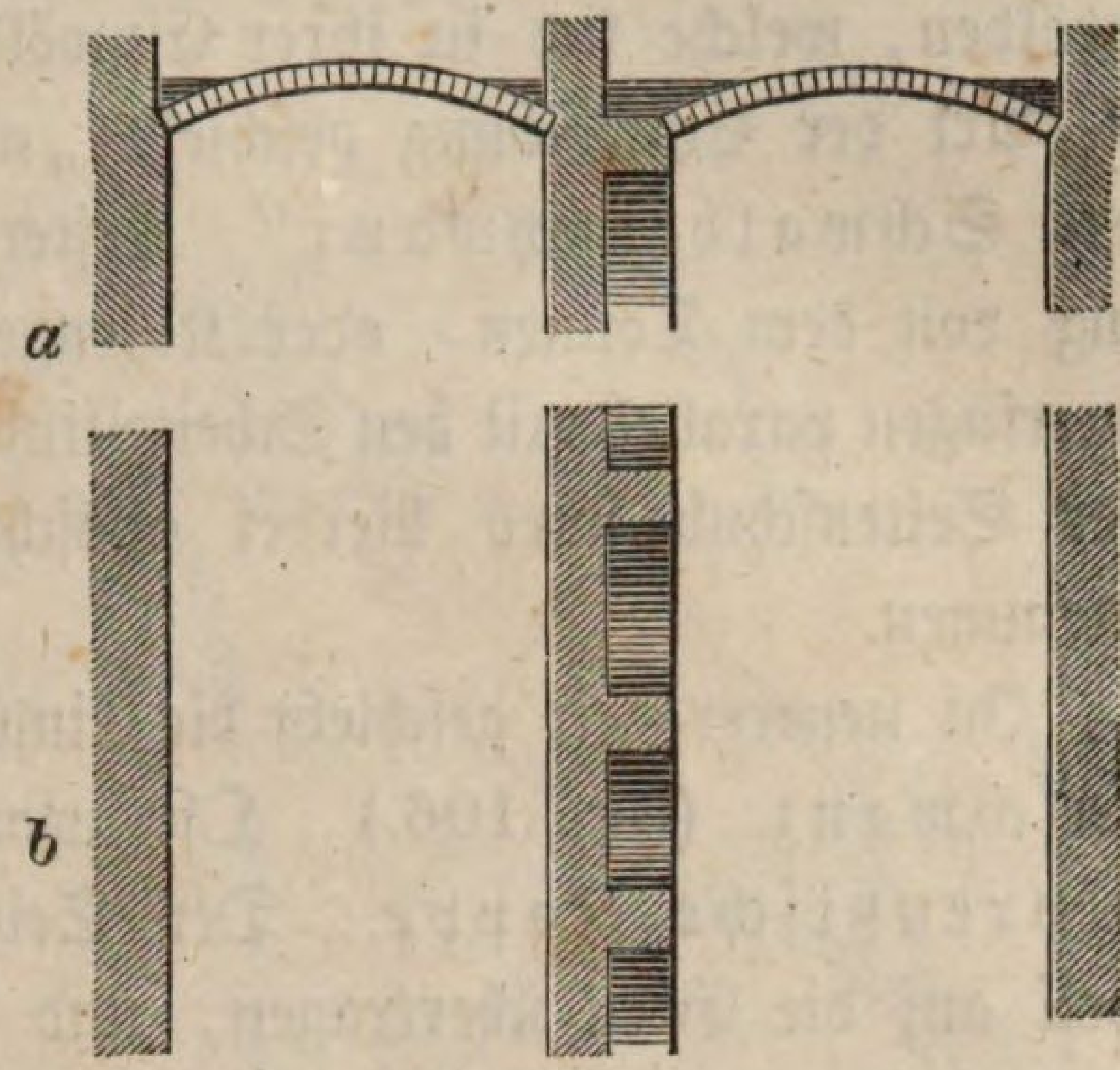


Sind bei Stellung der Gurtbögen gleiche Räume nicht zu erzielen, so kann, wenn die Unterschiede gering sind, die Widerlagsmauer durch Bögen verstärkt werden. (Fig. 104 a b.)

Der Richtung der Kappen ist ebenfalls Beachtung zu schenken und müssen deren Scheitellinien womöglich parallel liegen, damit die eine Kappe den Seitenschub der anderen soviel als möglich aufnimmt. Eine Ausnahme hiervon machen die durchlaufenden Gänge, da die Kappenwölbung in der Regel die Breite des Ganges zur Spannweite erhält. (Fig. 103.)

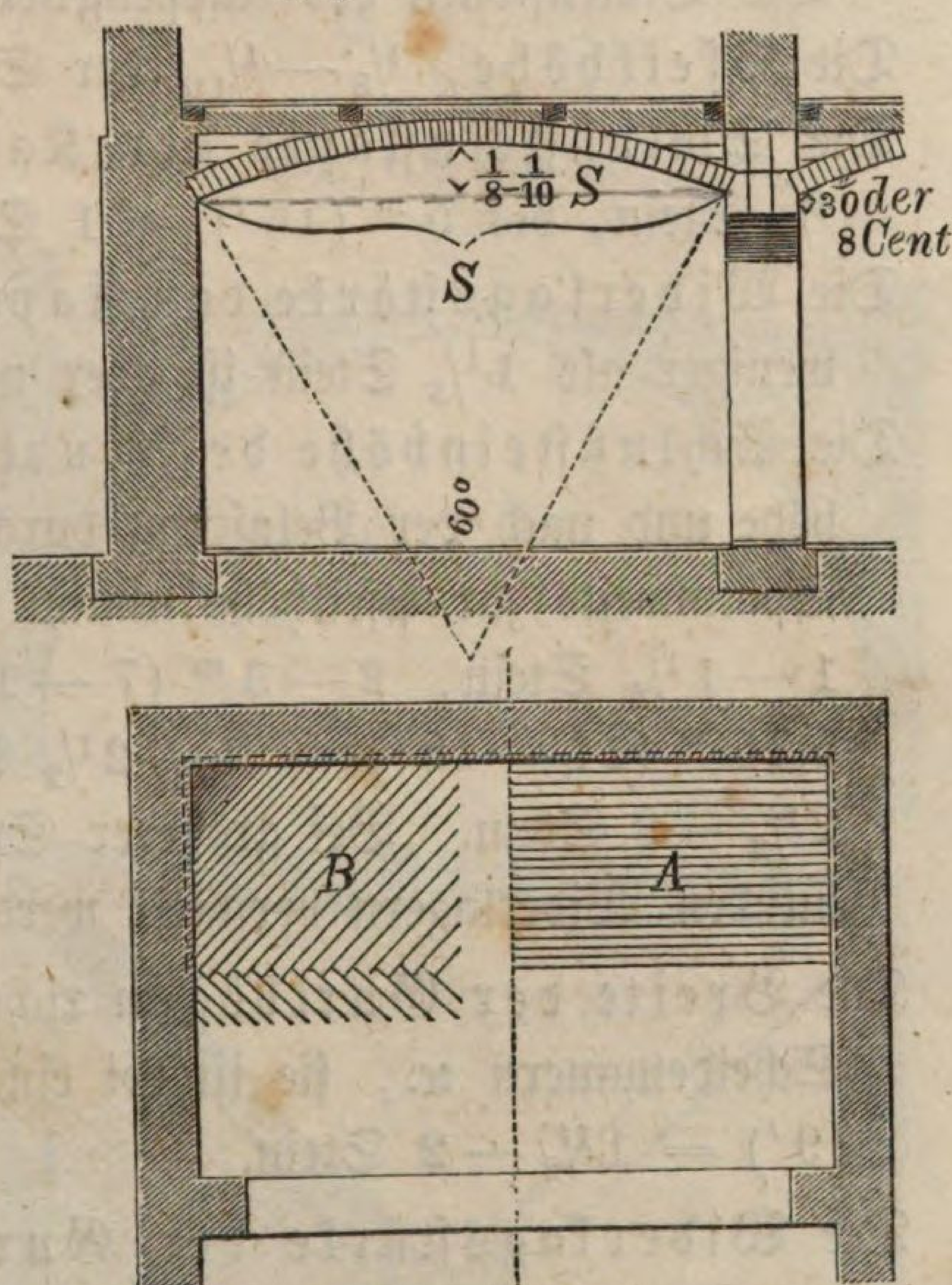
Die Gurtbögen werden, je nachdem sie nur als Widerlager dienen, oder auch Scheidemauern unterstützen, $1\frac{1}{2}$ — 2 Stein breit und 2 — $2\frac{1}{2}$ Stein hoch oder auch noch stärker gemacht. (Siehe die später folgende Tabelle.)

Fig. 104.



Die Form des Gurtbogens ist verschiedenartig, sie kann ein Korbbogen, ein Halbkreis oder auch ein sogenannter Stichbogen sein, welcher entweder $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{4}$ der lichten Spannweite zur Pfeilhöhe haben kann. Erstere Pfeilhöhe ist bei Gurtbögen, welche ausschließlich als Widerlager dienen, also keine Mauer tragen, anzuwenden.

Fig. 105 und 106.



Die Kappen erhalten nur $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ ihrer Spannweite zur Pfeilhöhe und $\frac{1}{2}$ Stein zur Gewölbestärke; der Radius des Kreisbogens entspricht ungefähr der ganzen Spannweite, so daß ein gleichseitiges Dreieck entsteht. (Fig. 105.) Die Kappe setzt sich circa 8 cm (3″), gerechnet vom höchsten Punkte der innern Laibung des Gurtbogens, gegen diesen; die Widerlagsfläche muß natürlich in centraler Richtung des Kappencentrums sein.

Die Fußbodenlager sind auf einem Mauerabsatz angebracht, so daß sie die Kappen nicht belasten; deshalb müssen sie auch sowohl parallel mit den Scheitlinien der Kappen, als auch mit den Langseiten derselben liegen. (Fig. 105 und 103.)

Es giebt (außer der Moller'schen Kappe) zwei Arten von Kappengewölben, welche sich in ihrer Einwölbung wesentlich unterscheiden. Die eine Art der Einwölbung geschieht „auf den Kuf," die andere „auf den Schwalbenschwanz." Erstere ist die schon besprochene Ableitung von dem Tonnen- oder Kufengewölbe, wobei sämmtliche centrale Lagerfugen parallel mit den Scheitellinien der Kappen liegen. (Fig. 106 A.) Der Seitenschub wird hierbei ausschließlich an den Widerlagern aufgenommen.

In neuerer Zeit geschieht die Einwölbung meistens auf den Schwalbenschwanz. (Fig. 106.) Oft nennt man diese Kappe alsdann auch die preußische Kappe. Der Seitenschub wird hierbei zum großen Theil auf die Ecken übertragen, und es entsteht sowohl in der Länge, als auch in der Breite der Kappen eine Spannung.

Die Dimensionen der Kappengewölbe sind:

Die Pfeilhöhe, $\frac{1}{8}$—$\frac{1}{10}$ der Spannweite.

Die Schlußsteinstärke der Kappe, bis circa 3,75 m (12′) = $\frac{1}{2}$ Stein, bis 5 m (16′) = 1 Stein.

Die Widerlagsstärke der Kappen, $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{3}$ der lichten Weite; weniger als 1$\frac{1}{3}$ Stein ist aber nicht anzurathen.

Die Schlußsteinhöhe der Gurtbögen richtet sich nach der Pfeilhöhe und nach der Belastung durch die Scheidemauern, bei $\frac{1}{4}$ der Spannweite zur Pfeilhöhe nimmt man: bis circa 1,88 m (6′) = 1—1$\frac{1}{2}$ Stein, 2—3 m (7—10′) = 1$\frac{1}{2}$—2 Stein, 3,5—5,75 m (11—18′) = 2—2$\frac{1}{2}$ Stein, 6—8,5 m (19—27′) = 2$\frac{1}{2}$—3 Stein. Bei größerer Spannweite muß die Gewölbestärke an den Widerlagern verstärkt werden.

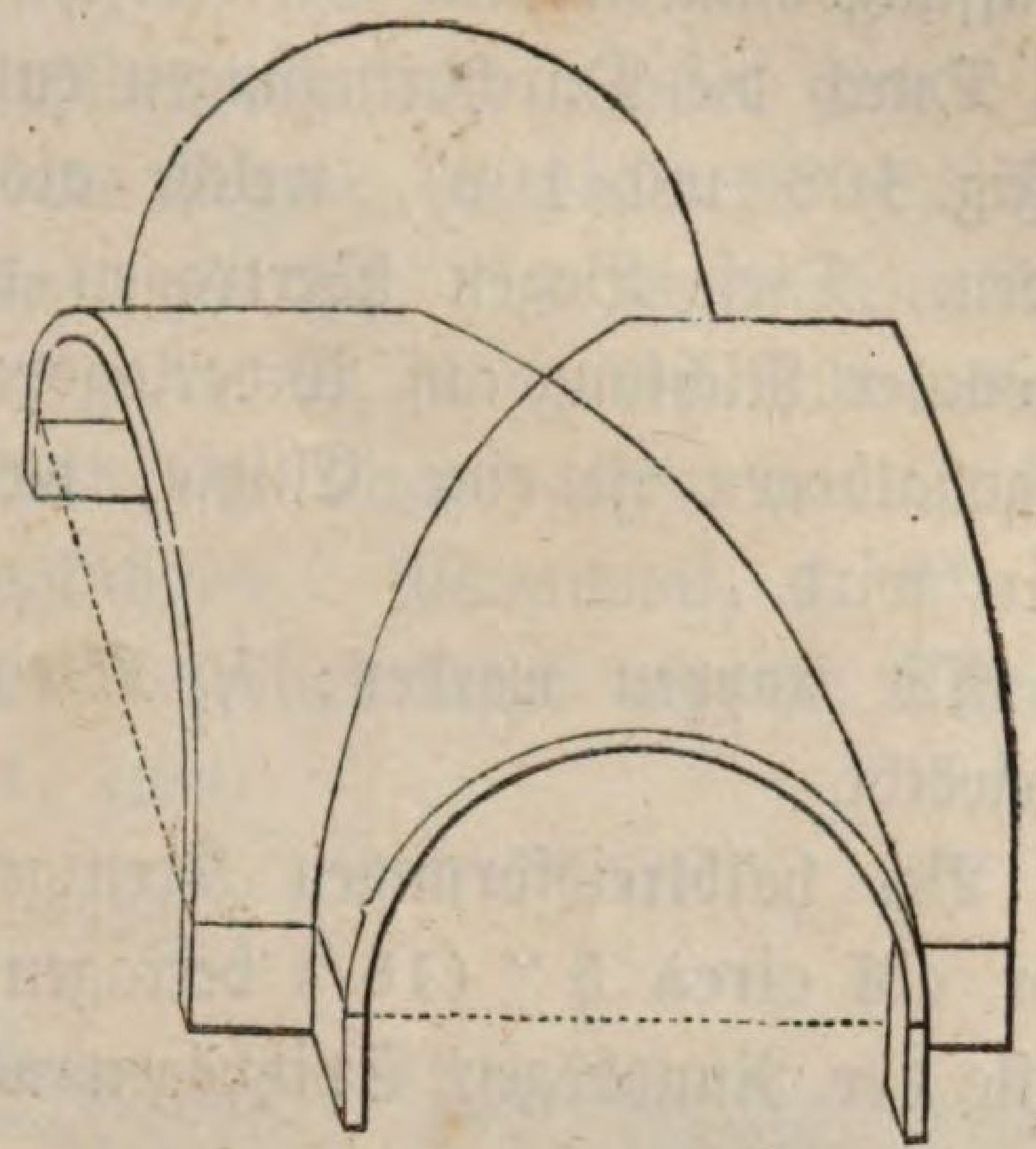
Die Breite der Gurtbögen richtet sich nach der Belastung durch Scheidemauern 2c., sie ist bei einer Entfernung von circa 2,75 m (9′) = 1$\frac{1}{2}$—2 Stein.

Die Widerlagsstärke der Gurtbögen ist = circa $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{5}$ der Spanweite, je nach der Anzahl der belastenden Etagen.

Tonnen- und Kappengewölbe zur Unterstützung massiver Treppen erhalten mindestens $\frac{1}{12}$, gewöhnlich $\frac{1}{8}$ der Spannweite zur Pfeilhöhe. Die Gewölbestärke im Scheitel beträgt bis circa 1,75 m (5$\frac{1}{2}$′) = $\frac{1}{2}$ Stein, darüber 1 Stein. Die Stärke der Widerlager beträgt circa $\frac{1}{3}$ der lichten Weite, mindestens 1$\frac{1}{2}$ Stein.

Das Kreuzgewölbe.

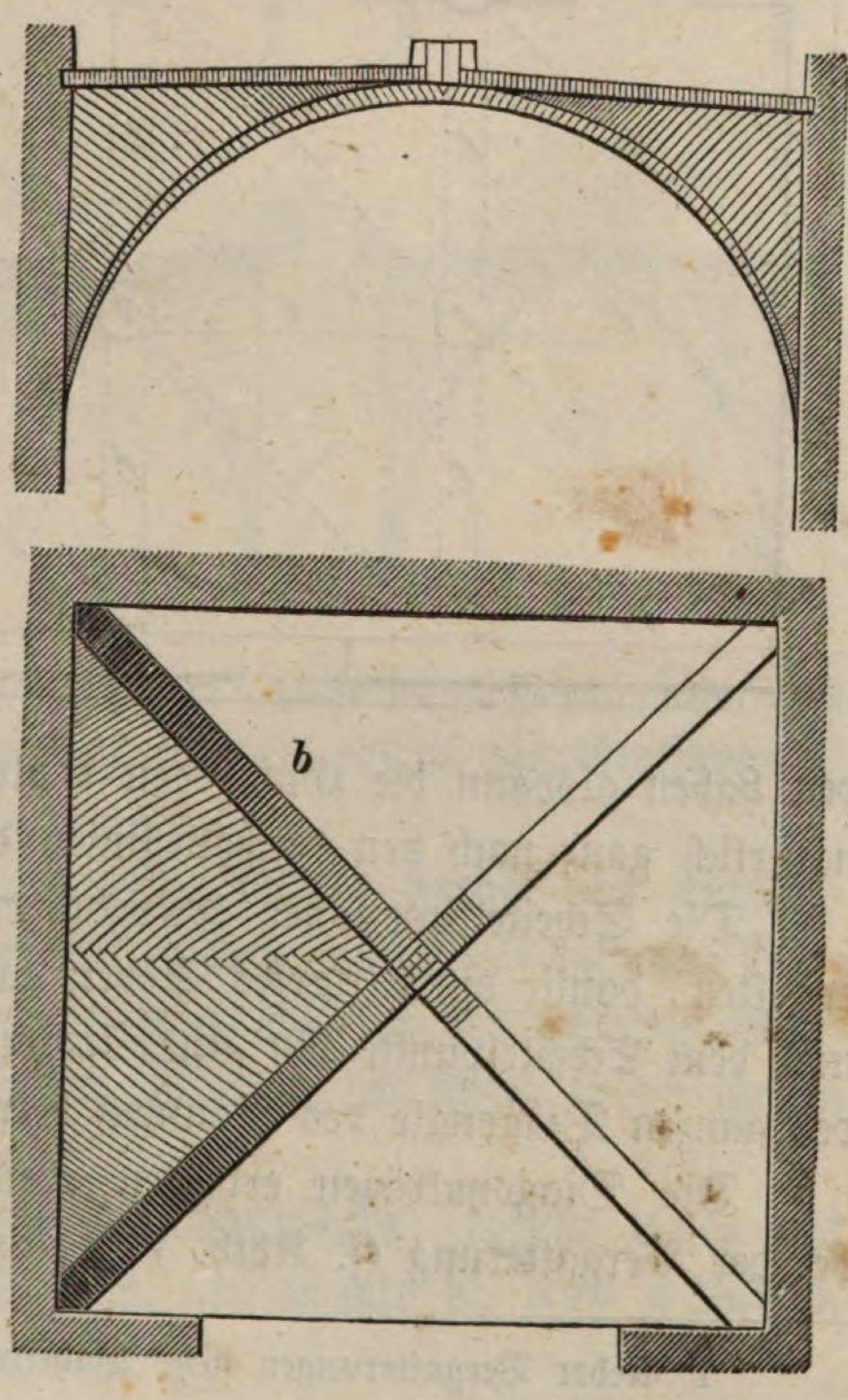
Fig. 107.



Denkt man sich ein Tonnengewölbe in der Diagonale durchschnitten, so nennt man die zwei gegenüberliegenden Abschnitte Kappen und die anderen beiden Theile Wangen. Bei der Durchdringung zweier oder mehrerer Tonnengewölbe (Fig. 107) von gleicher Pfeilhöhe entstehen vier oder mehrere Kappen, wodurch das Kreuzgewölbe gebildet wird.

Die einzelnen Tonnengewölbe oder Kappen können entweder alle den gleichen Querschnitt haben, oder derselbe kann halbkreisförmig, elliptisch, auch spitzbogig (gedrückt oder erhöht) sein.

Fig. 108 und 109.



Die Durchdringung der Kreuzkappen geschieht über dem Schwerpunkte des zu überdeckenden Raumes, weshalb derselbe zunächst bestimmt werden muß.[1]

Da das Kreuzgewölbe sich ohne erhebliche Schwierigkeiten über rechteckige, quadratische oder vieleckige Räume, von regelmäßiger und unregelmäßiger Form, spannen läßt, so findet es häufig

---

[1]) Ueber Schwerpunktsbestimmungen siehe Abtheilung VIII.

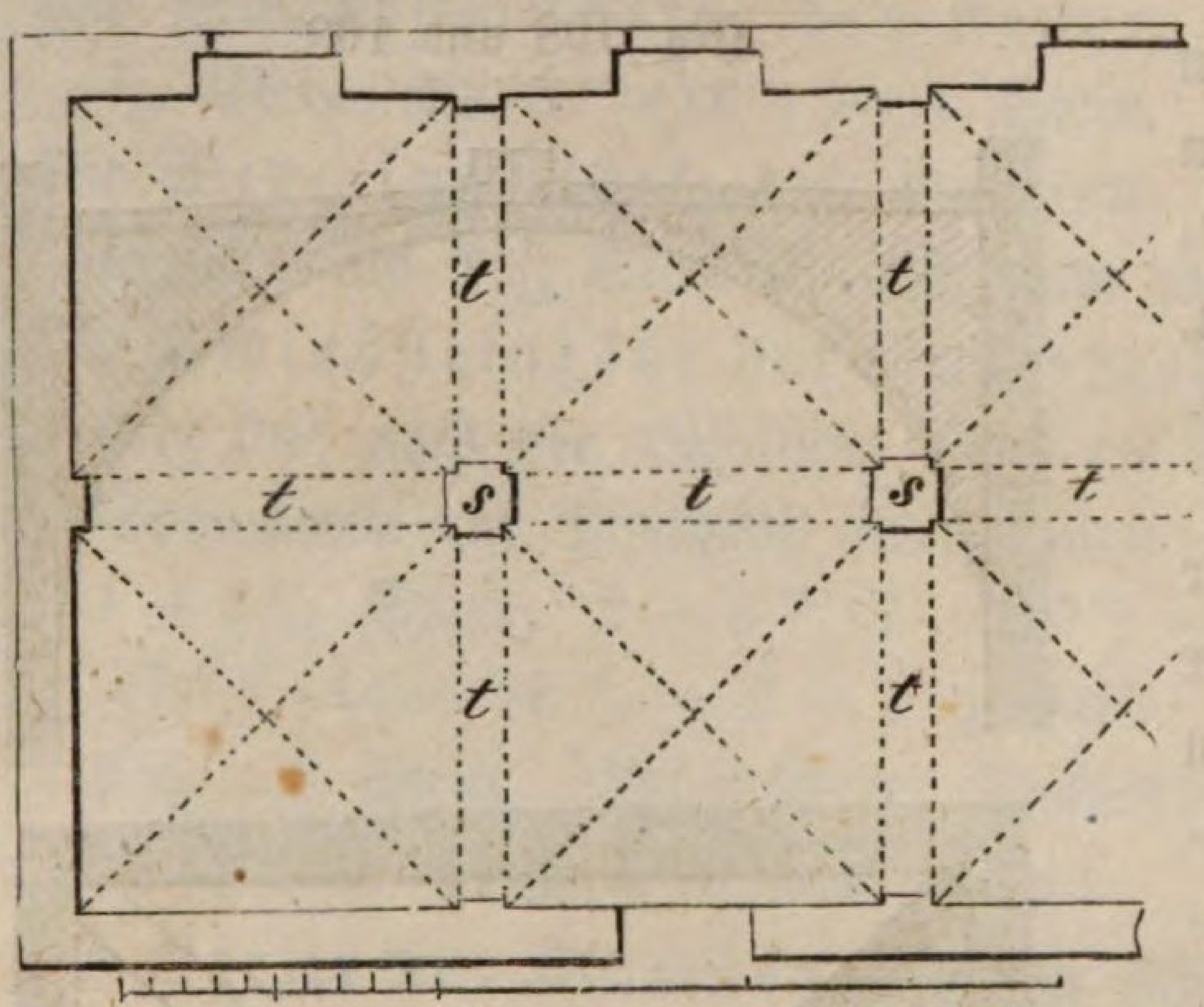
Anwendung. Sein Hauptvortheil ruht in der Eigenschaft, daß man große Räume damit überdecken kann, ohne die ganze Ausdehnung der Umfassungsmauern dem Gewölbeschub auszusetzen.

Durch die Durchdringungen entstehen Diagonalbögen, resp. Rippen (b Fig. 108 und 109), welche als Widerlager der Kappen behandelt werden. Diese Bogen übertragen den aufgenommenen Kappenschub in diagonaler Richtung auf Widerlagspunkte, resp. Widerlagspfeiler. Der Diagonalbogen ist eine Ellipse, welche nach der Vergatterung[1] construirt wird.

Die Kappen werden, $^1/_2$ Stein stark, auf den Schwalbenschwanz eingewölbt.

Bei halbkreisförmigen Kreuzgewölben darf die Spannweite nicht mehr als circa 5^m (16′) betragen; ist der Raum größer, so sind an Stelle der Rundbögen Spitzbögen anzuwenden.

Fig. 110.



Sind sehr große Räume mit Kreuzgewölben zu überdecken, so theilt man dieselben durch Gurtbögen in quadratische oder rechteckige Abtheilungen; jeder der abgetheilten Räume erhält dann ein besonderes Kreuzgewölbe. Die betreffenden Gurtbögen setzen sich auf Stützen (s Fig. 110). Die Kappen haben alsdann die Gurtbögen t als Schildbögen, welche letztere sich natürlich ganz nach den Gewölbelinien der Kappen richten müssen.

Die Scheitellinien der Kreuzkappen sind nicht horizontal, sondern erhalten, damit durch starkes Setzen das Gewölbe nicht einstürzen kann, nach dem Scheitelpunkte hin eine Stechung (Fig. 108), welche circa $^1/_{40}$ der ganzen Diagonale des Raumes beträgt.

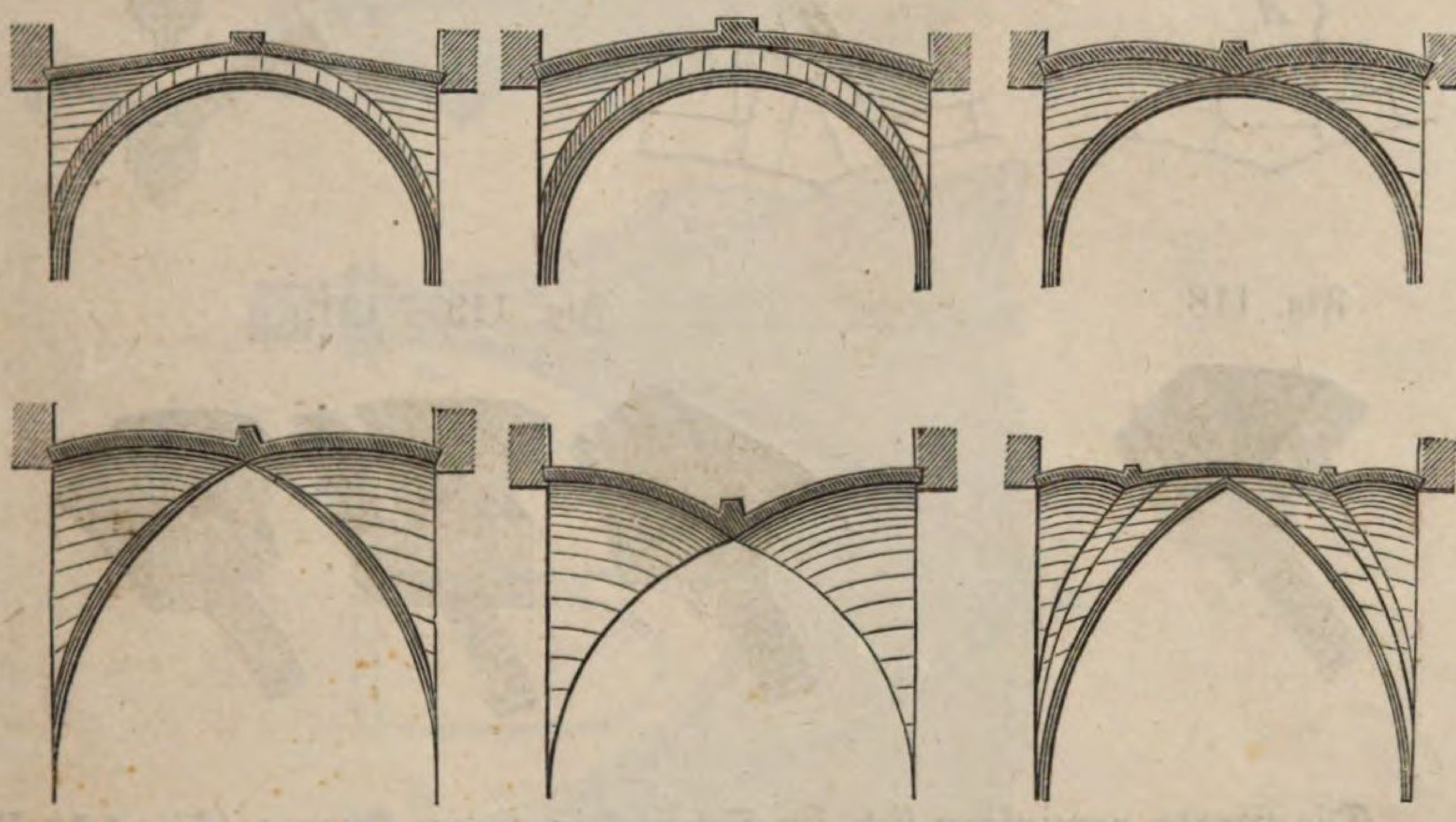
Die Diagonalbögen erhalten ebenfalls dieselbe Stechung, wie sie bei der Vergatterung (s. Abth. VIII) angegeben ist.

1) Ueber Vergatterungen siehe Abtheilung VIII.

Die Stechung wird in der Regel gerade gemacht (Fig. 111); es ist aber auch eine bogenförmige Wölbung nach dem Schlußstein, sogenannter Busen, zulässig. (Fig. 112.)

Soll der Scheitelpunkt des Gewölbes mit dem höchsten Punkt der Kappen am Schildbogen in einer Ebene liegen, so erhält die Scheitellinie der Kappe eine Stechung (Busen), wie Fig. 114 zeigt. Die Aufwölbung der Scheitellinie kann dann circa $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{6}$ der Kappenlänge werden, hierbei beträgt der Seitenschub der Kappe gegen den Schildbogen circa die Hälfte des Diagonalschubs. Manchmal, z. B. bei Sterngewölben, wird der Scheitel des Gewölbes tiefer als die Scheitel der Schildbögen gelegt, wie (Fig. 114) zeigt.

Fig. 111—114.



Die Stechung kann aber auch größer gemacht werden, besonders bei spitzbogigen Kreuzgewölben in den Kirchen erhält die Stechung $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{6}$ der Diagonale.

Die Diagonalgrate der Kreuzgewölbe können sowohl aus Backsteinen, als aus Schnittsteinen hergestellt werden. Bei gewöhnlichen Bauten, Kellern, Corridoren ꝛc., bedient man sich der gewöhnlichen Backsteine oder der Formsteine. Der Grat bildet in der Regel an der innern Laibung eine scharfe Kante.

Die Kappen legen sich gegen die Gratbögen, welche ihnen als Widerlager dienen, nach den in (Fig. 115 a und b, 116 a und b, 117 a und b) gezeigten Constructionen.

Bedient man sich des Sandsteins für die Gratbögen, so werden sie selbstständig construirt und springen nach der innern Laibung nur so viel vor, als das daran gearbeitete Profil erforderlich macht, die übrige Stärke liegt hinter der oberen Rückenfläche versteckt. Die Grate haben dann entweder, nach (Fig. 118, 119 und 120), schräge Flächen als Widerlager, oder die Kappen setzen sich, indem die Steine ineinandergreifen, stumpf auf die Gratbogen (Fig. 121); hierdurch wird noch ein zweiter Grat erreicht.

Fig. 115 und 116.

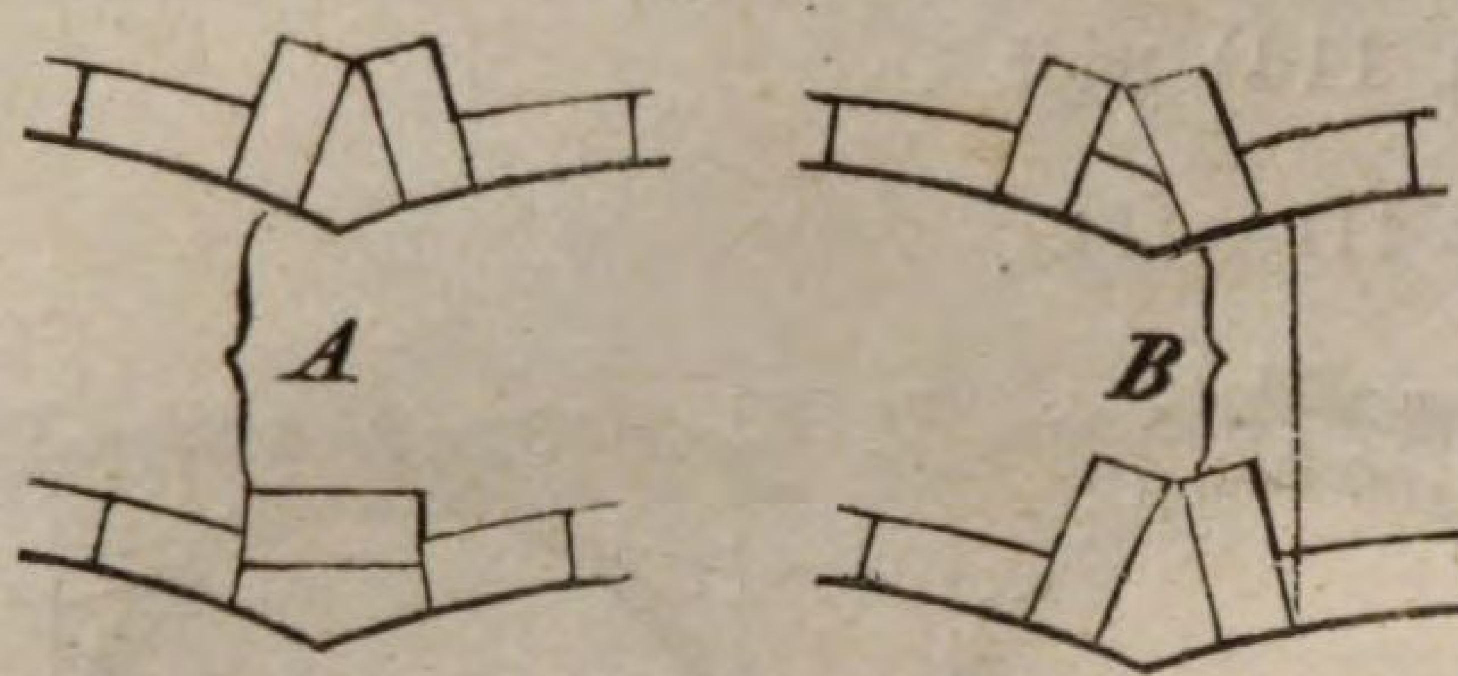


Fig. 117.

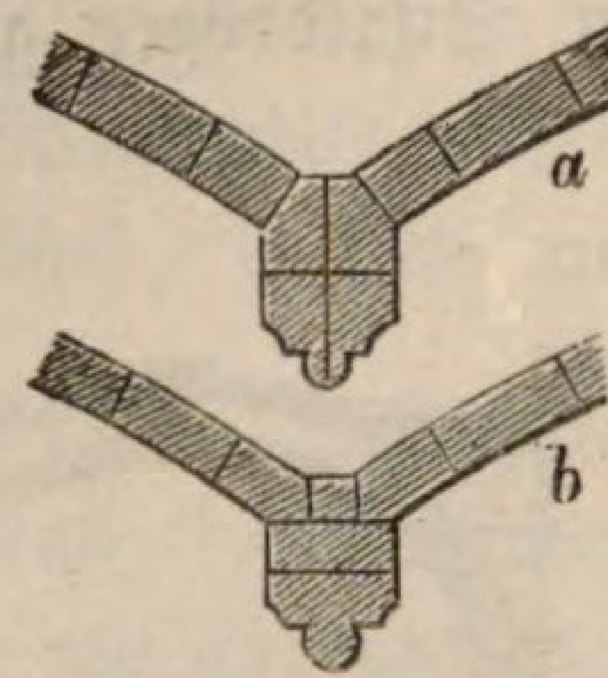


Fig. 118.

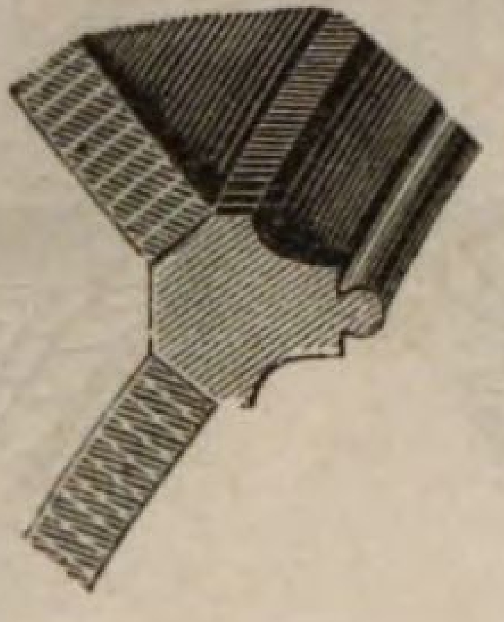
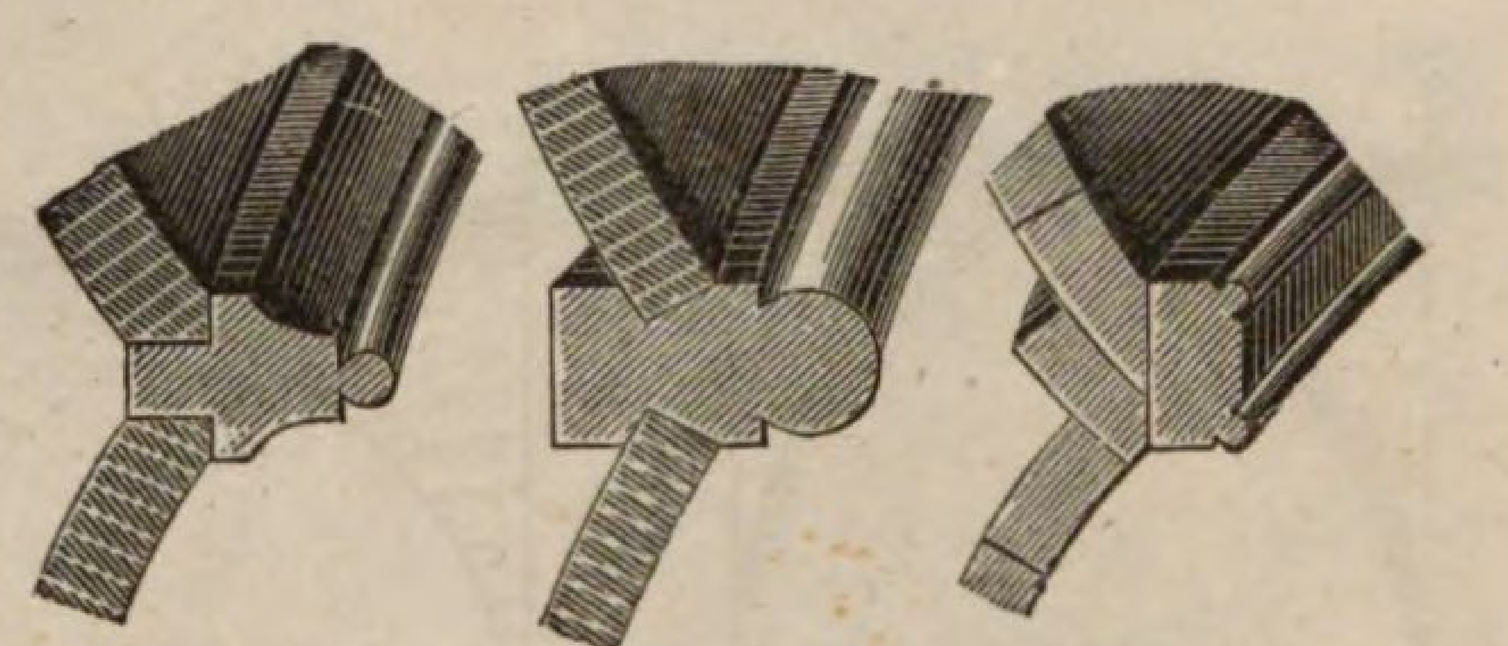


Fig. 119 — 121.



Die Grate vereinigen sich im Scheitel in einem Kranze (Fig. 122 B) und im Kämpferpunkte in einem Sandsteinstück, welches in der Mauer hinreichendes Widerlager finden muß. (Fig. 122 A.)

Fig. 122 — 124 zeigen die Anlage eines Spitzbogen-Gewölbes mit verschiedenen Spannweiten der einzelnen Kappen.

Will man ein Rechteck mit spitzbogigem Kreuzgewölbe überspannen, so wird, wenn man $^3/_4$ der Spannweite für jeden Spitzbogen nimmt, ein richtiges Verhältniß erlangt. (Fig. 125.)

Werden die Grate aus Formsteinen hergestellt, so ist die Construction ähnlich wie bei den Sandsteingraten. (Fig. 117 a. b.)

Die allgemein üblichen Stärken der Kappen und Grate sind folgende:

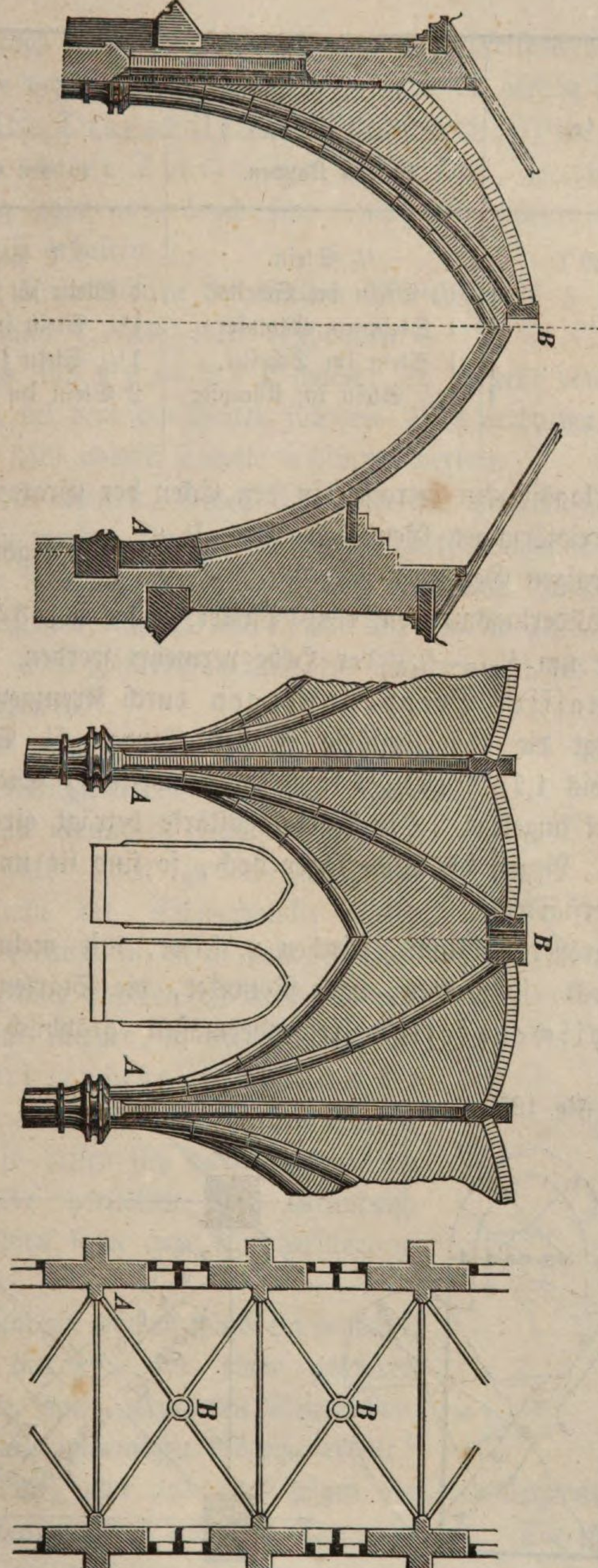


Fig. 122—124.

Spannweite.	Gewölbestärke	
	in den Kappen.	in den Graten.
bis 6,25 m (20 ′)	½ Stein.	1 Stein.
bis 9 m (30 ′)	½ Stein im Scheitel. 1 Stein im Kämpfer.	1 Stein im Scheitel. 1½ Stein im Kämpfer.
bis 18 m (60 ′)	1 Stein im Scheitel. 1½ Stein im Kämpfer.	1½ Stein im Scheitel. 2 Stein im Kämpfer.

Die Widerlagsstärken betragen in den Ecken der Grate:

bei halbkreisförmigen Gewölben $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ } der Diagonale.
bei spitzbogigen Gewölben $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{7}$

Sind die Widerlagsmauern, resp. Pfeiler, höher als 3 m (10 ′), so muß die Stärke um $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ der Höhe vermehrt werden.

Werden massive Treppenanlagen durch Kreuzgewölbe unterstützt, so beträgt die Gewölbestärke in den Kappen ½ Stein. Die Grate werden bis 1,75 m (5½ ′) lichte Spannweite, 1 Stein, darüber 1½ Stein stark angelegt. Die Widerlagsstärke beträgt circa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ der Diagonale. Liegen die Widerlager hoch, so sind sie um $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ der Höhe zu verstärken.

Werden größere Räume, Kirchen u. s. w., mit mehreren Kreuzgewölben überdeckt, so werden, nach Rondelet, die Stärken der Mittel- und Zwischenpfeiler folgendermaßen graphisch dargestellt: (Fig. 126.)

Fig. 125.

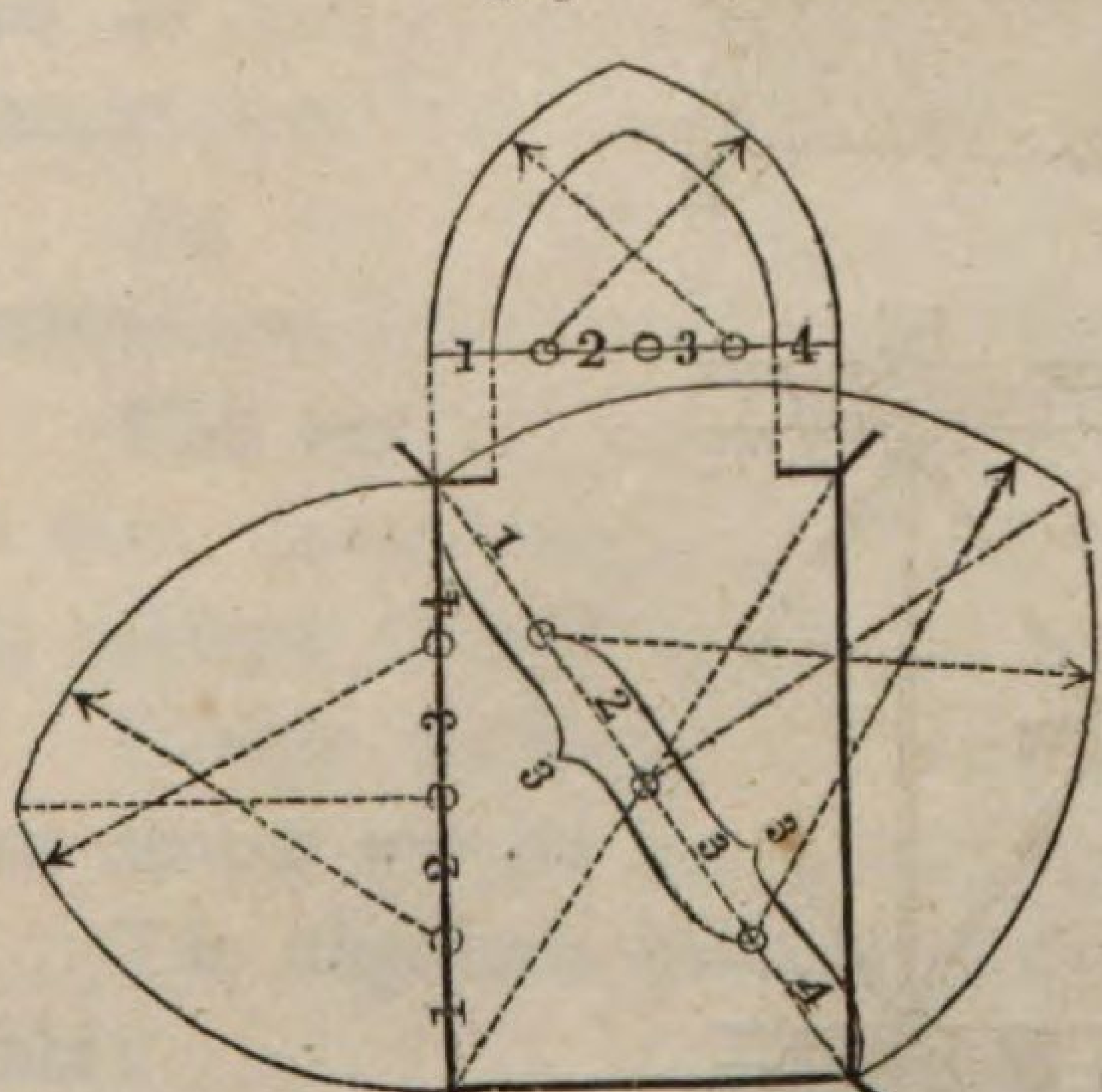
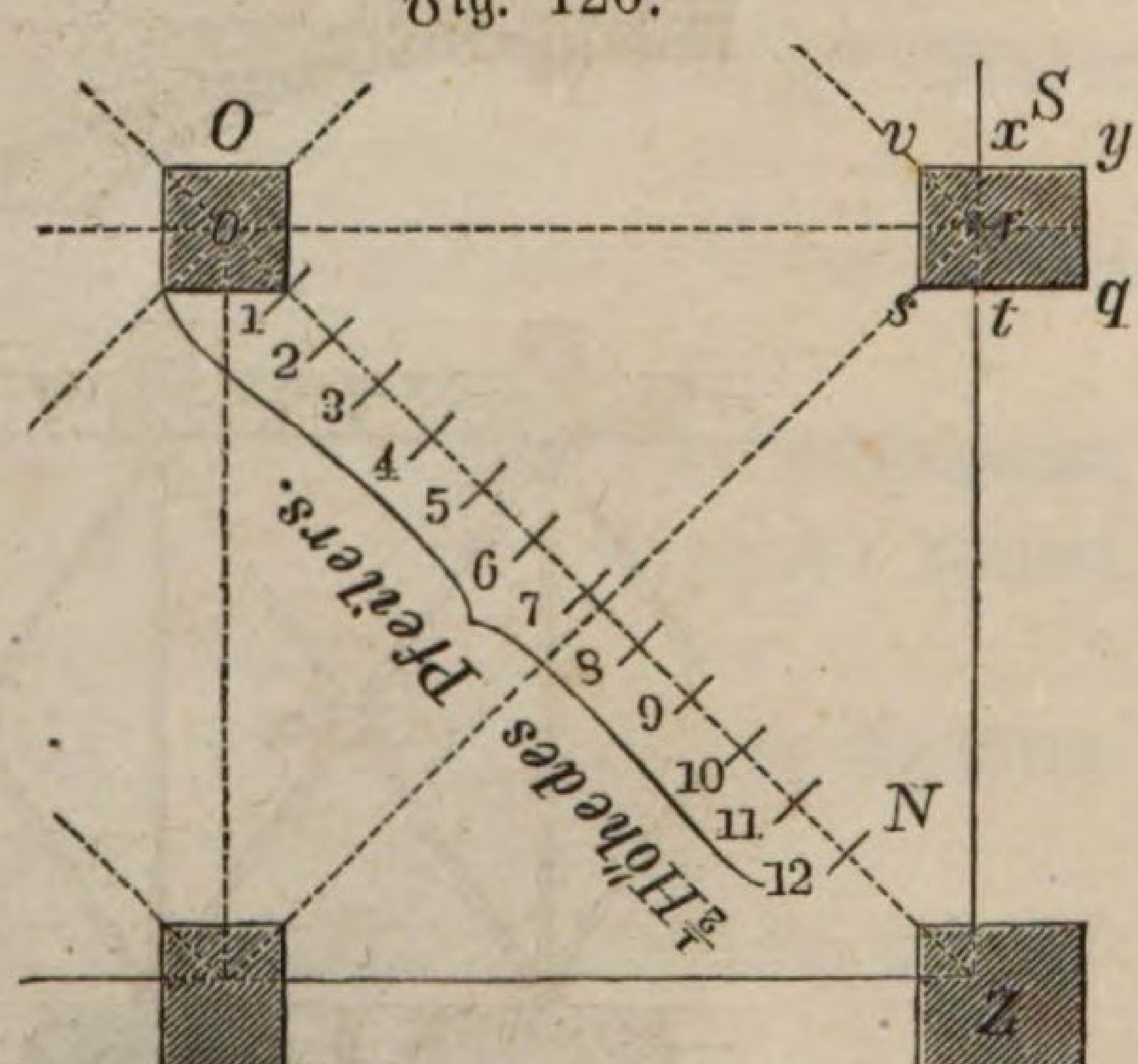


Fig. 126.



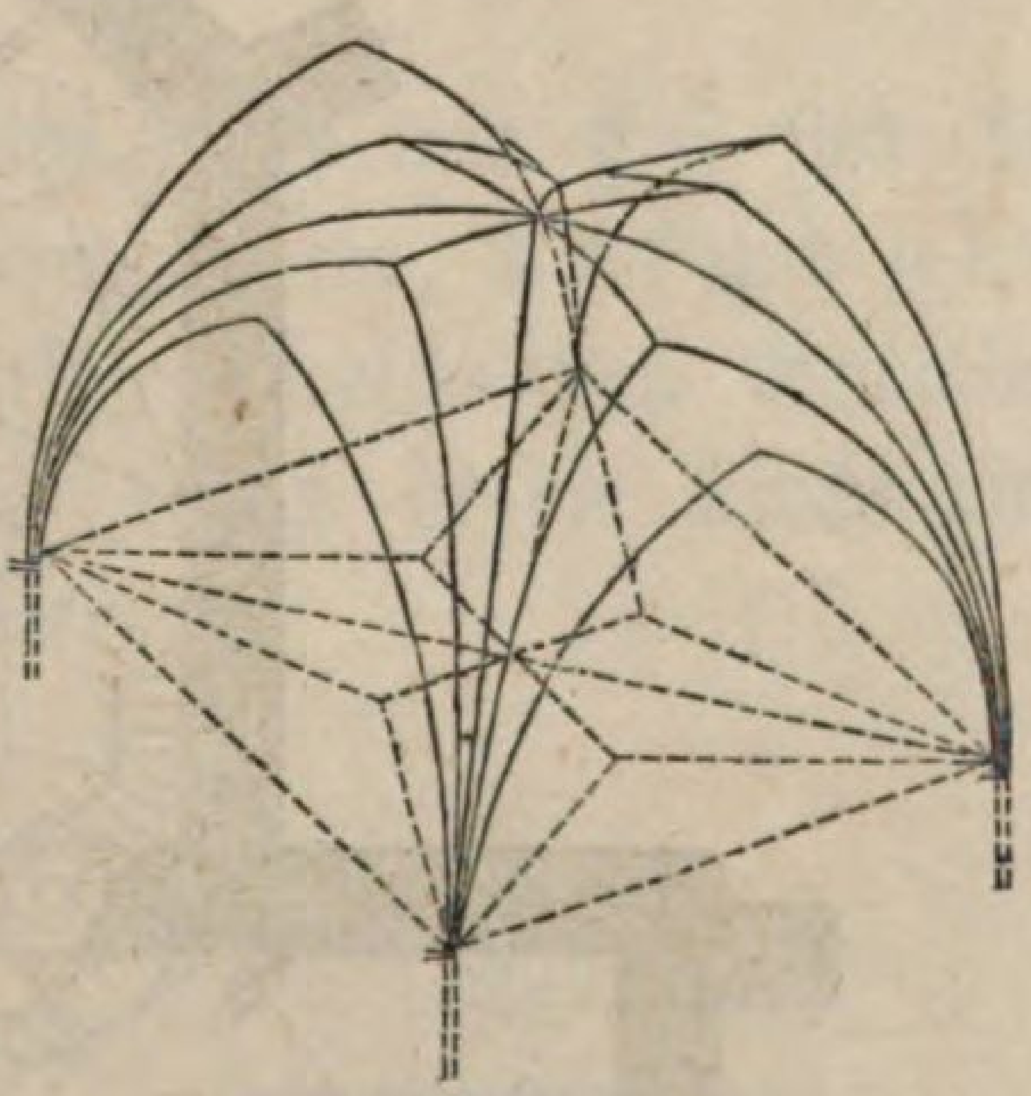
Man trage die halbe Höhe ($^1/_2$ H.) des Pfeilers vom Fuß bis zum Kämpfer von O nach N, theile O N in 12 gleiche Theile und mache die halbe Diagonale des Mittelpfeilers (O) im Grundriß gleich einem dieser Theile; der Pfeiler kann, je nachdem die Räume rechteckig oder quadratisch sind, auch die entsprechende Gestalt im Grundriß erhalten.

Die Dimensionen des Seiten-Mittelpfeilers s werden gefunden, indem man v, wie oben beschrieben = $^1/_{12}$ O N, und ferner t p = 2 t s und x y = 2 v x macht; es entsteht dann ein rechteckiger Pfeiler, bei dem die Seiten sich wie 2 : 3 verhalten. Der Eckpfeiler z kann nach obiger Tabelle bestimmt werden.

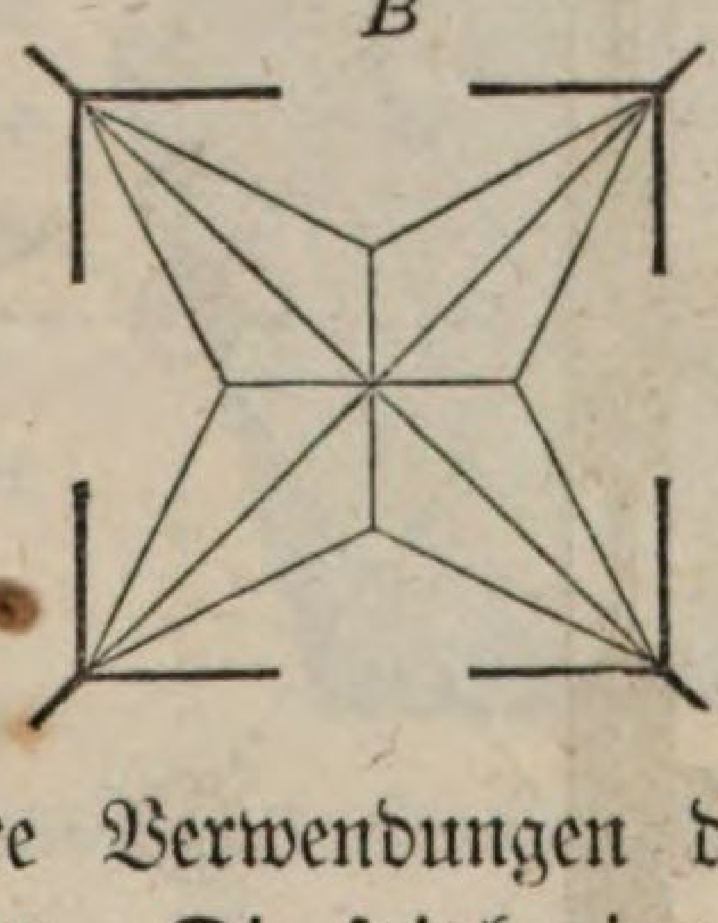
Da die scharfen, spitzen Ausläufer der Kappen am Kämpfer nicht gut gewölbt werden können, so müssen zuerst einige Schichten, horizontal in der Richtung der inneren Kappenlaibung, vorspringen und dann erst die einzelnen Kappen und Grate auf dem so geschaffenen Widerlager beginnen. Eine Hintermauerung der Rückenwinkel bis auf $^2/_3$ der Höhe ist zu empfehlen.

Fig. 127.

A



B



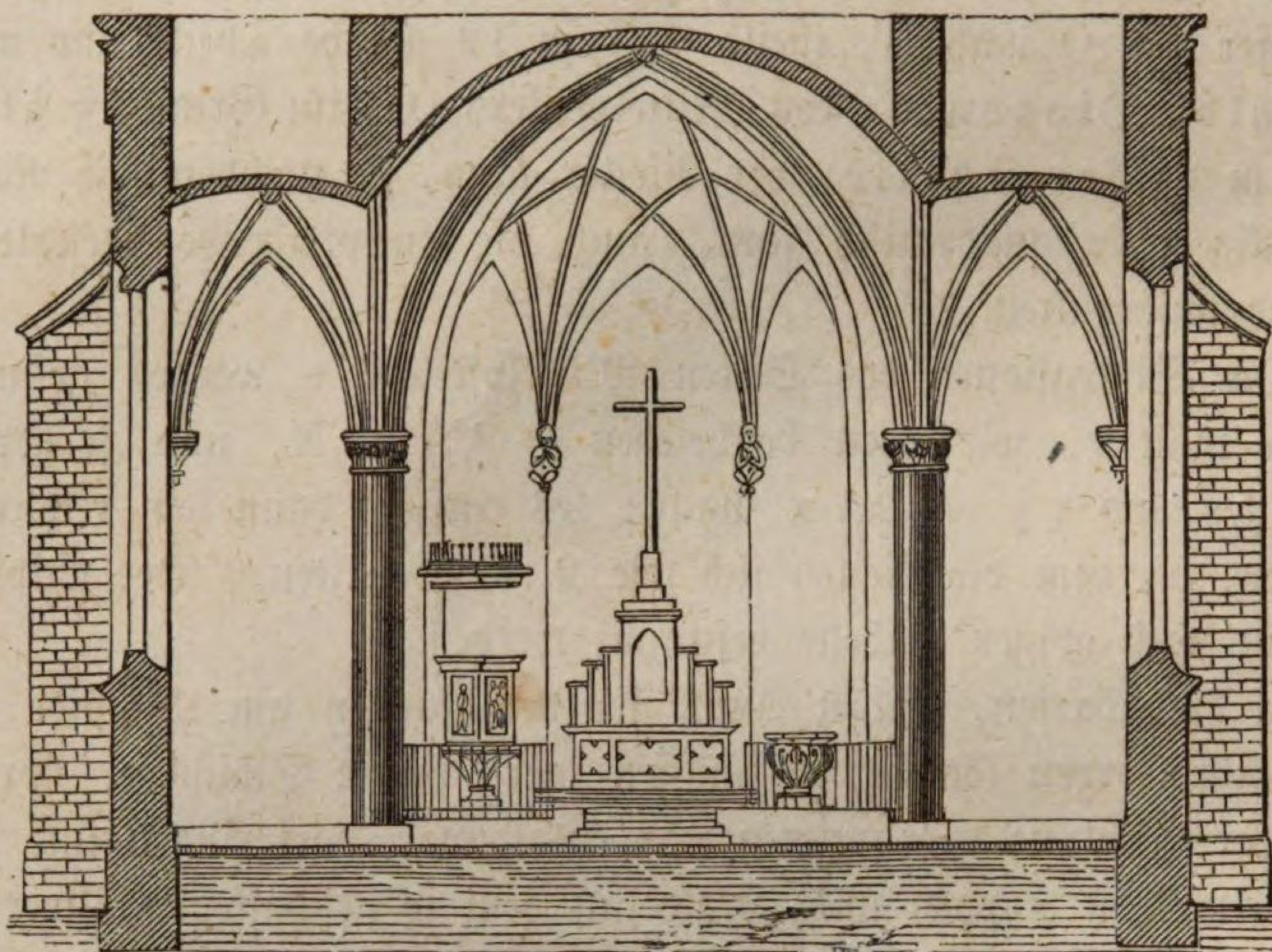
Denkt man sich nun die Grate eines einfachen Kreuzgewölbes aufgestellt, und betrachtet im Grundriß jedes der Dreiecke wiederum als einen zu überwölbenden Raum, sucht die Schwerpunkte dieser Dreiecke, vereinigt in diesen neue Gratbögen und spannt zwischen die neuen kleinen Felder kleine Kappen, so entsteht das einfache Sterngewölbe. (Fig. 127 A u. B.)

Setzt man das obige Verfahren weiter fort, so lassen sich die complicirtesten Sterngewölbe herstellen; die Grundrißform derselben kann eine sehr verschiedenartige sein.

Die Kappen werden spitzbogig gemacht, da man hierdurch bei einer größeren Spannweite einen geringeren Seitenschub, als bei halbkreisförmigen Bögen, erhält.

Fig. 128, 129 und 130 zeigen weitere Verwendungen des spitzbogigen Kreuzgewölbes und des Sterngewölbes. Die spitzbogigen Kreuz-

Fig. 128 und 129.



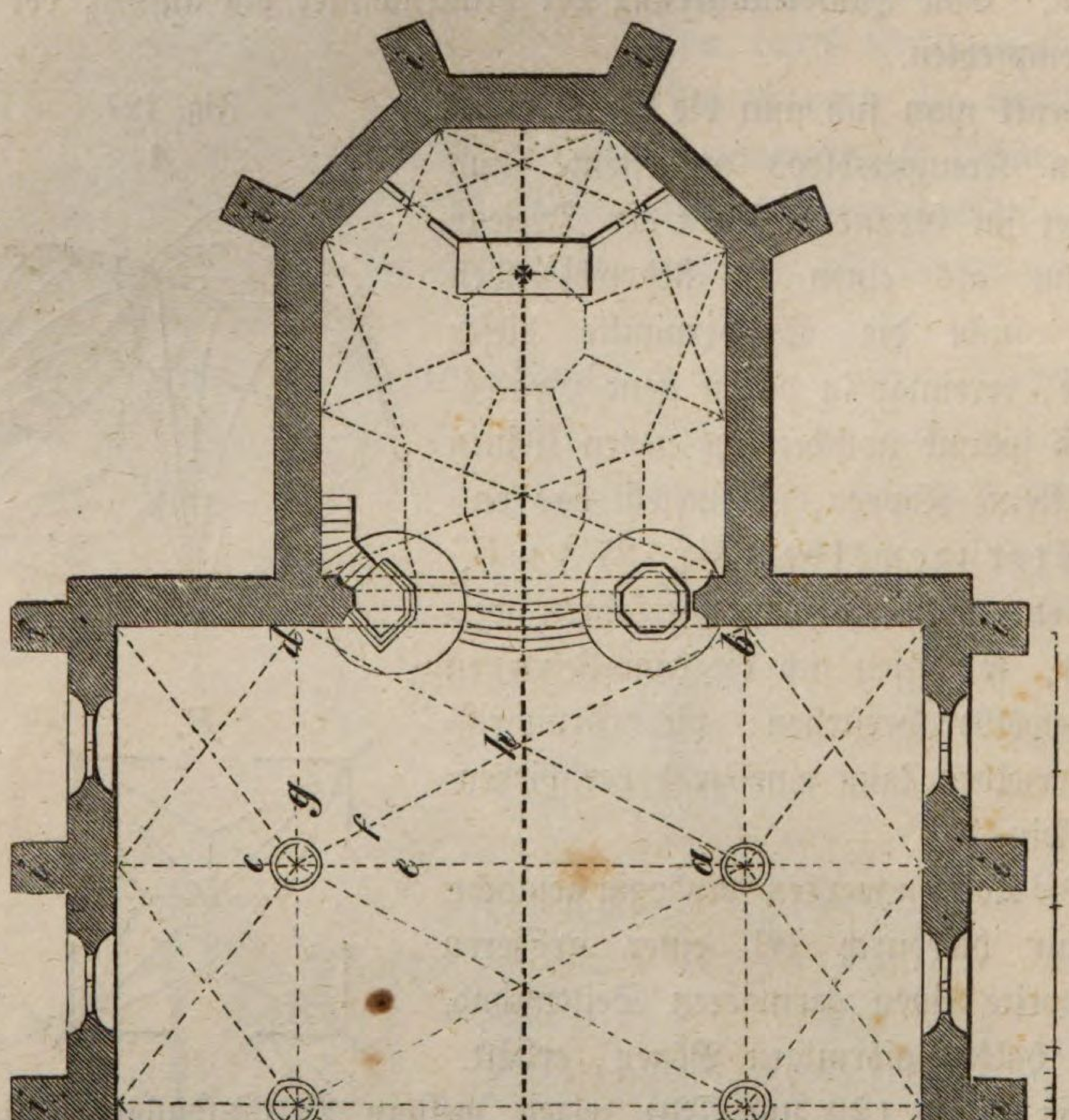
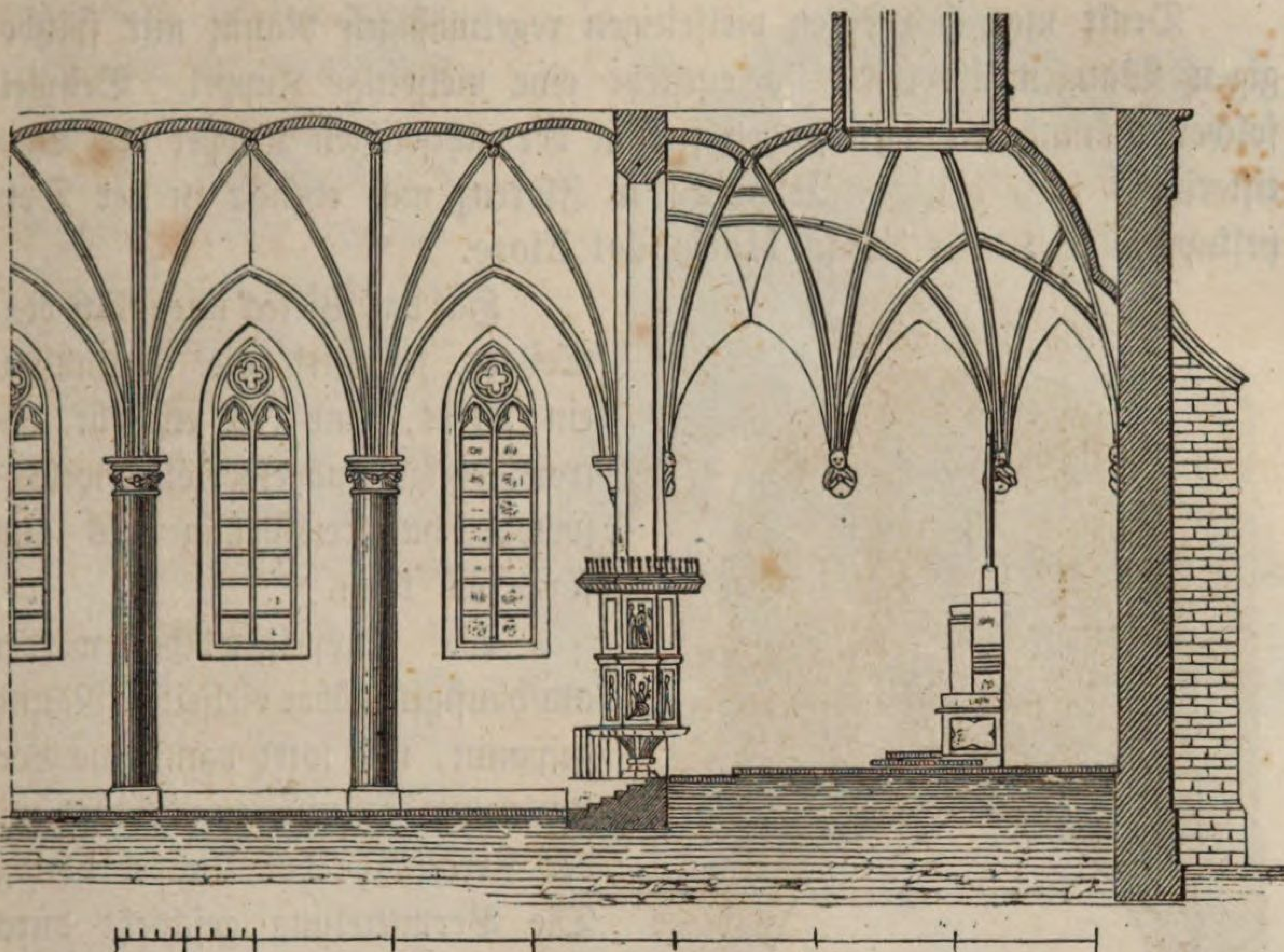


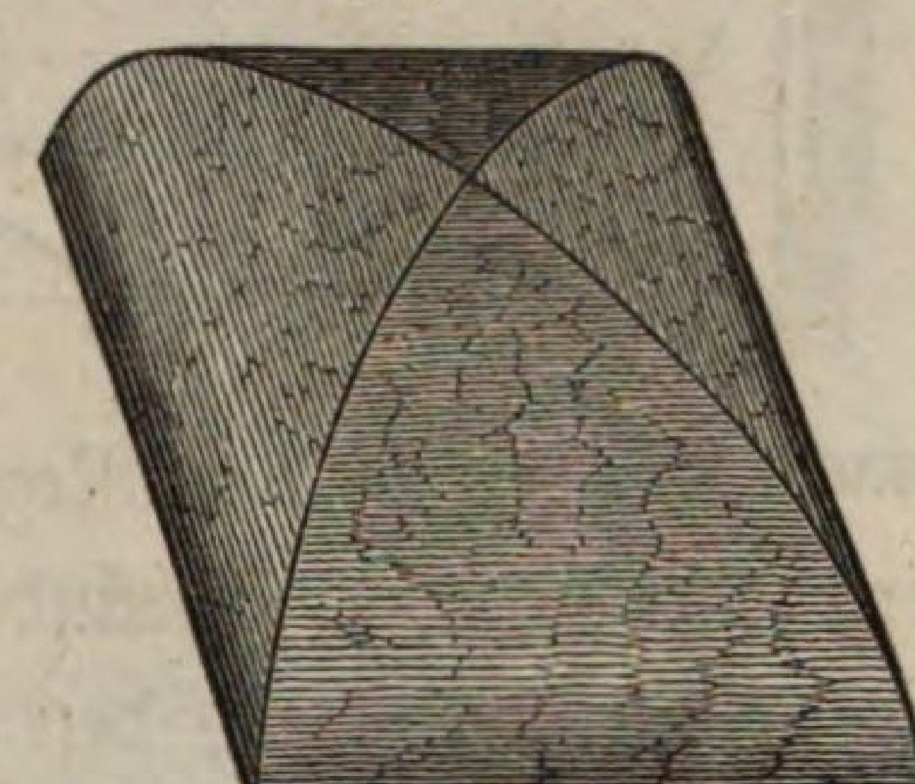
Fig. 130.



gewölbe sind über rechteckige Räume gespannt, a e und g d sind die Gurtbögen zweier nebeneinanderliegenden Kreuzgewölbe, b h f und a h d sind die Gratbögen, i i i sind die Strebepfeiler, welche den Gewölbeschub aufnehmen. Die Pfeiler könnten auch etwas in die Kirche einspringen und als Säulen 2c. durchgebildet werden.

Das Klostergewölbe (Fig. 131).

Fig. 131.



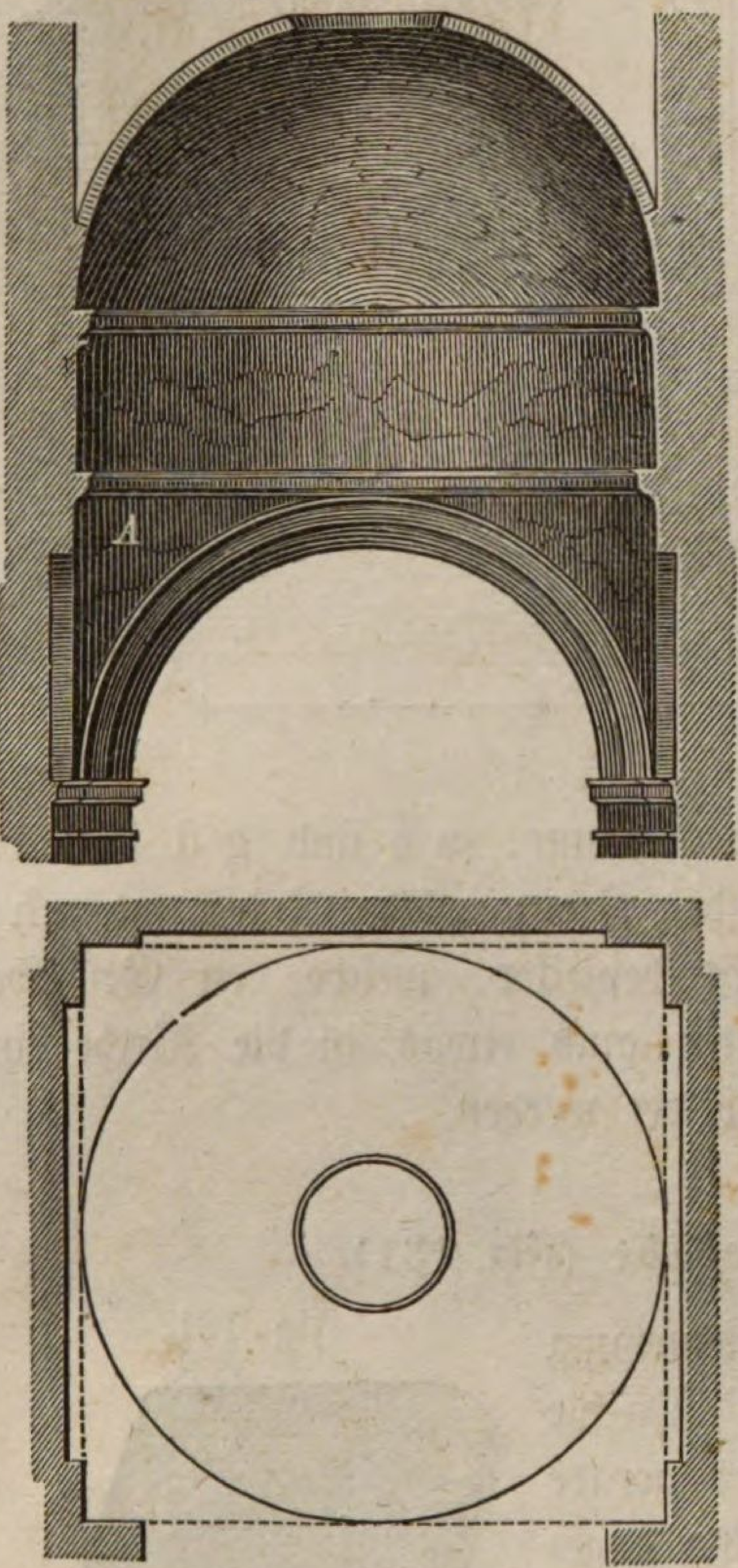
Dasselbe besteht aus der Zusammensetzung von 4 und mehreren Wangentheilen. Da die Widerlagsmauern des Klostergewölbes gerade in der Mitte, wo Thüren und Fenster angebracht werden, den größten Gewölbeschub erleiden, so findet dasselbe in der Praxis fast gar keine Verwendung mehr.

Im Gebrauch ist das Klostergewölbe lediglich noch bei den massiven, steinernen Rauchmänteln, doch werden auch letztere jetzt meistens von Zinkblech angefertigt.

Das Kuppelgewölbe.

Denkt man sich einen vielseitigen regelmäßigen Raum mit spitzbogigen Wangen überdeckt, so entsteht eine vielseitige Kuppel. Beispiele solcher Raumbedeckungen finden sich in der achtseitigen Kuppel des Baptisteriums zum heiligen Johannes in Florenz und ebenda in der Doppelkuppel der Kirche Santa Maria del Fiore.

Fig. 132 und 133.



Hat das Vieleck unendlich viele Seiten, so wird die Grundlinie ein Kreis, und es entsteht das kreisförmige Kuppelgewölbe, welches sowohl halbkreisförmig als auch flach sein kann.

Die Kuppelgewölbe werden am häufigsten über vielseitige Räume gespannt, und wird dann eine Vermittelung des unteren Raumes mit der Kreisfläche der Kuppel nöthig. Die Vermittelung geschieht durch sogenannte Zwickel oder Pendentifs. Der ganze Zwickel wird mit horizontalen Schichten hintermauert.

In Fig. 132 und 134 setzt sich das Kuppelgewölbe noch auf einen Tambour, welcher wiederum von den Pendentifs unterstützt wird; der Tambour kann beliebige Höhen erhalten, oder kann auch ganz fehlen, so daß die Kuppel direct auf den Pendentifs stehen würde.

In Kirchen, Kapellen u. s. w. wird der Tambour sehr hoch gemacht, da er in der Regel Lichtöffnungen erhält. In den Treppenhäusern bürgerlicher Gebäude dagegen erhält er keine Durchbrechung, da das Licht hier durch den Nabel fällt.

---

*) Näheres siehe in Menzel, der Steinbau.

Die Kuppel wird entweder glatt geputzt, oder mit Kasettenfeldern (Fig. 135) versehen.

Die Wölbsteine der Kuppel bilden einzelne Ringe, welche alle in centraler Richtung liegen; das Mauern des Gewölbes geschieht aus freier Hand. Da jeder geschlossene Ring das Einstürzen der Kuppel verhindert, so kann man in beliebiger Höhe das Gewölbe beenden und somit ohne Schwierigkeit einfallendes Licht schaffen. Diese Oeffnung heißt der *Nabel*; zur größeren Sicherheit kann derselbe auch einen festen Kranz von Eichenholz oder Sandstein (Fig. 136) erhalten

Bei größeren Kuppelbauten wird auf diese Oeffnung noch eine sogenannte *Laterne* gestellt, wie z. B. bei der schon erwähnten Doppelkuppel in Florenz und bei der Peterskirche in Rom.

Um den Gewölbeschub so gering als möglich zu machen, wurden zu den Kuppelbauten schon von den Baumeistern alt-

Fig. 134.

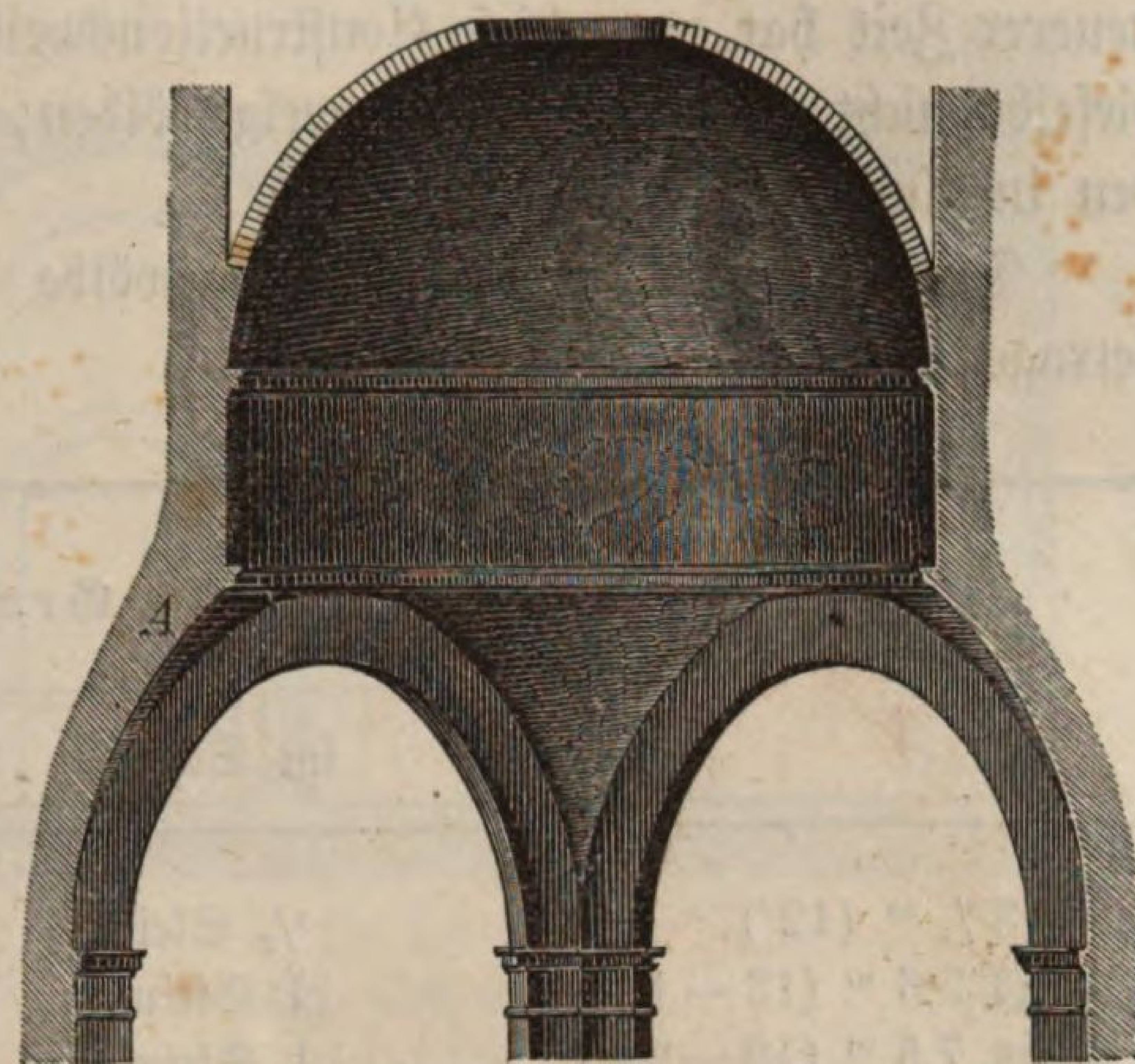


Fig. 135.

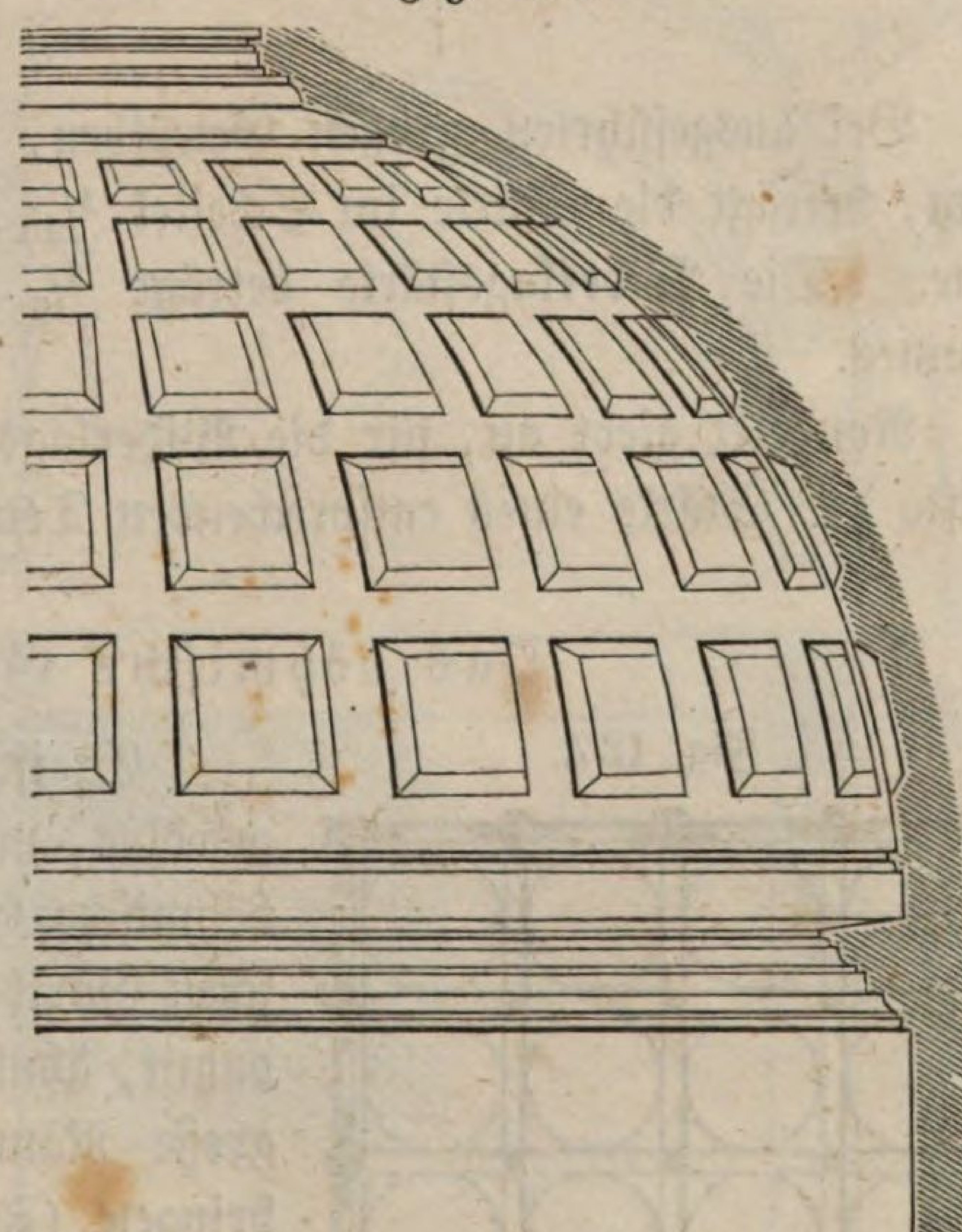
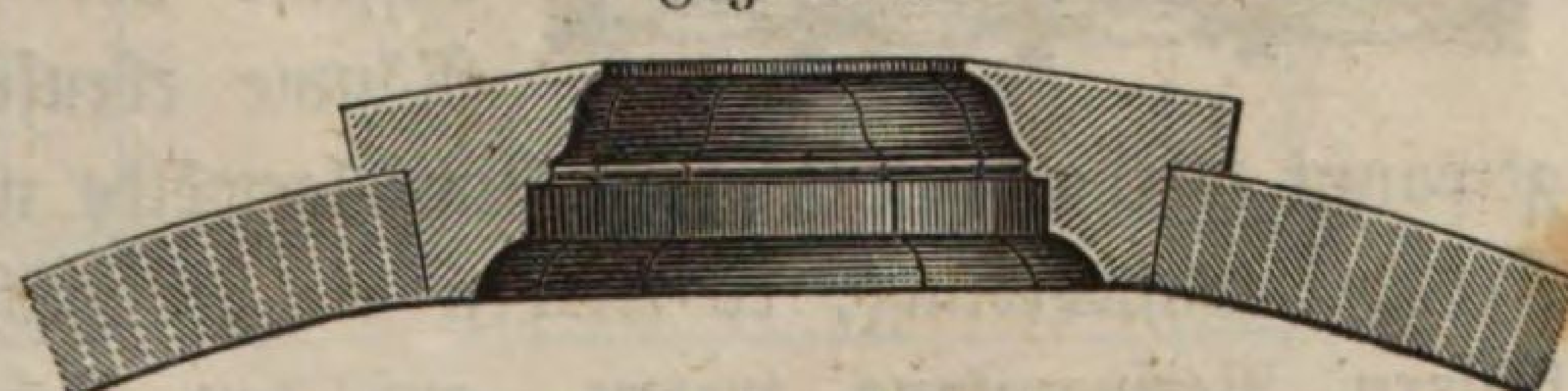


Fig. 136.



christlicher Kirchen poröse und hohle Steine resp. Töpfe verwendet. In neuerer Zeit hat man diese Constructionsweise wieder aufgenommen und dieselbe nicht nur bei den Kuppelgewölben, sondern auch bei den Kappen in Anwendung gebracht.

Die Dimensionen der Kuppelgewölbe über quadratischen Räumen betragen:

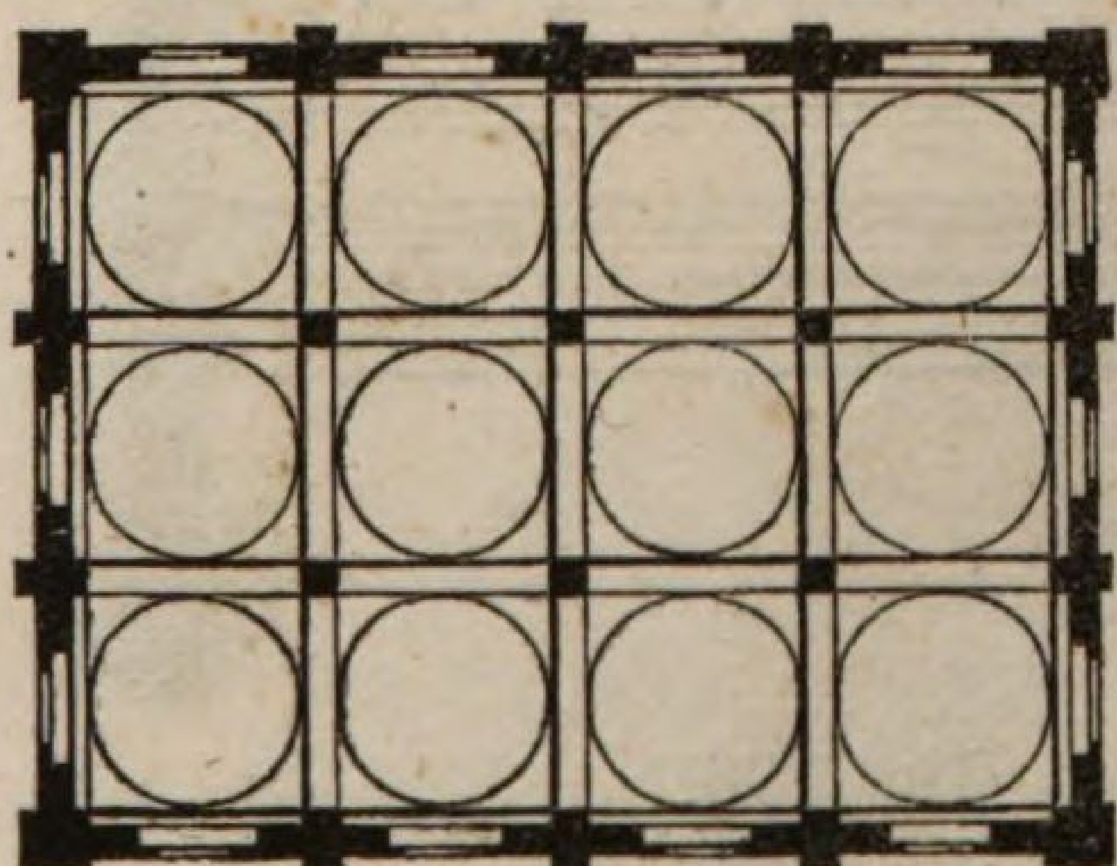
Spannweite.	Gewölbestärke	
	im Schlusse.	am Kämpfer.
bis $3^3/_4$ m (12′)	$^1/_2$ Stein.	$^1/_2$ Stein.
4 bis 5,6 m (13—18′)	1 Stein.	1 Stein.
6 bis 7,5 m (19—24′)	1 Stein.	$1^1/_2$ Stein.
7,6 bis 9,4 m (25—30′)	$1^1/_2$ Stein.	2 Steine.

Bei ausgeführten großen Gewölben, wie z. B. dem Pantheon in Rom, beträgt die Stärke im Scheitel $^1/_{30}$, am Kämpfer $^1/_7$ der Spannweite. Die Widerlagsstärke beträgt $^1/_6$ — $^1/_7$ des Durchmessers des Raumes.

Rondelet giebt an, für die Widerlagsstärke des Kuppelgewölbes die Hälfte der Stärke eines entsprechenden Tonnengewölbes zu nehmen.

Das böhmische Gewölbe.

Fig. 137.



Es ist dasselbe ein flaches Kuppelgewölbe, mit großem Durchmesser. Das böhmische Gewölbe ist in der Regel zwischen Gurtbögen gespannt, und lassen sich damit, ähnlich wie mit dem Kreuzgewölbe, große Räume in kleinere Abtheilungen bringen. (Fig. 137 und 138.) Es kann dasselbe über vielseitige, unregelmäßige Räume ebensogut als über quadratische gespannt werden. Von dem Kuppelgewölbe unterscheidet es sich in der Art der Einwölbung, es werden die böhmischen Gewölbe nämlich, der bessern Verspannung wegen, auf den Schwalbenschwanz eingewölbt.

Fig. 139 und 140 zeigen den Grundriß und Durchschnitt eines solchen Gewölbes über einem quadratischen Raume.

Auf den Erhöhungen der Gurtbögen können die Lagerhölzer der oberen Etagen ruhen.

Die böhmischen Gewölbe lassen sich bis 5^m (16′) Spannweite construiren.

Flache böhmische Gewölbe führen den Namen „böhmische Kappen;“ diese werden häufig an Stelle der preußischen Kappen angewendet. Während die Pfeilhöhe oder Aufwölbung beim böhmischen Gewölbe circa $^1/_9$ der Diagonale beträgt, wird sie bei der Kappe nur circa $^1/_{12}$ gemacht.

Häufig ist bei dem böhmischen Kappengewölbe nur die Aufwölbung g (Fig. 141), also $^1/_{12}$ der Diagonale des zu

Fig. 138.

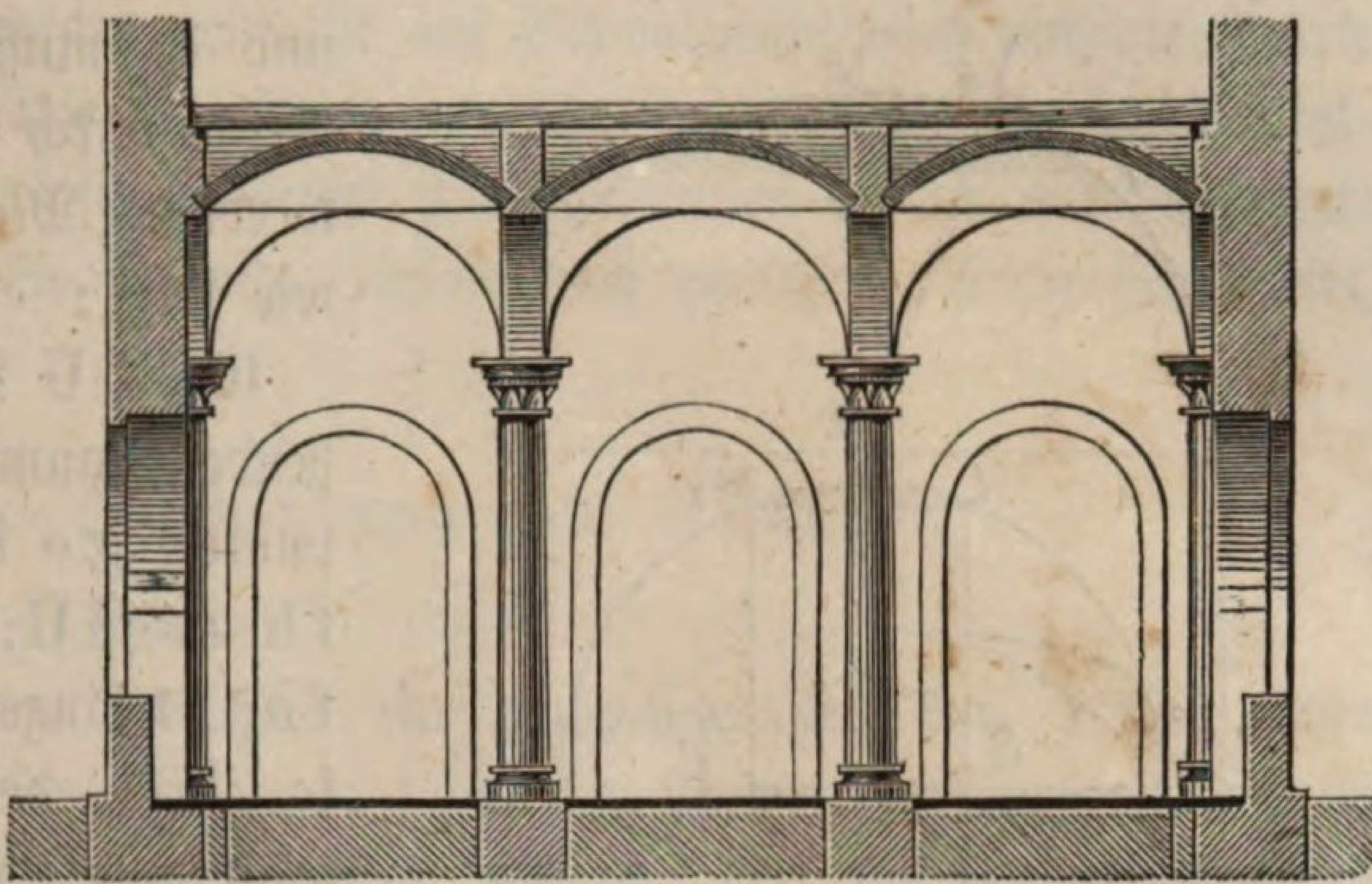


Fig. 139 und 140.

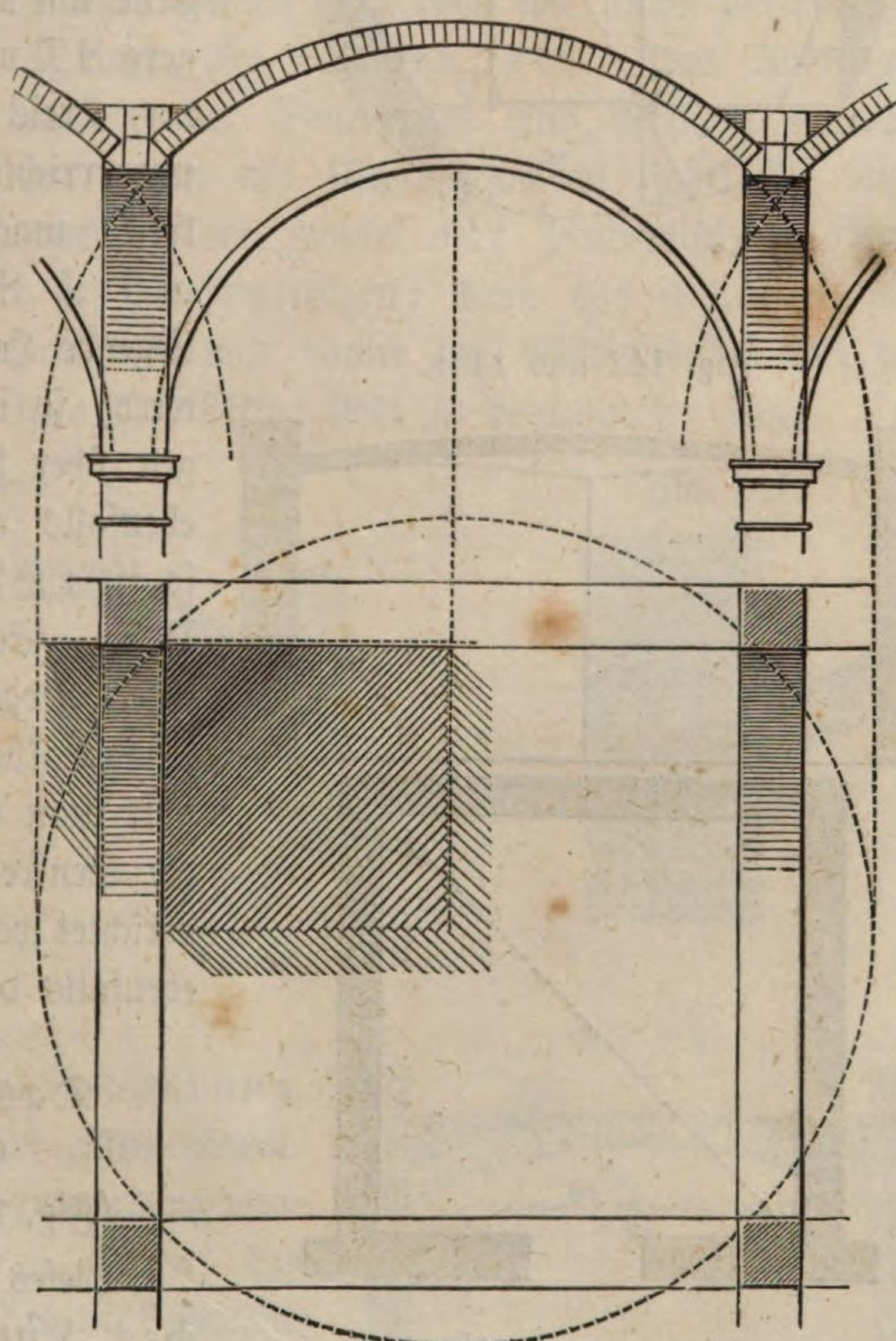
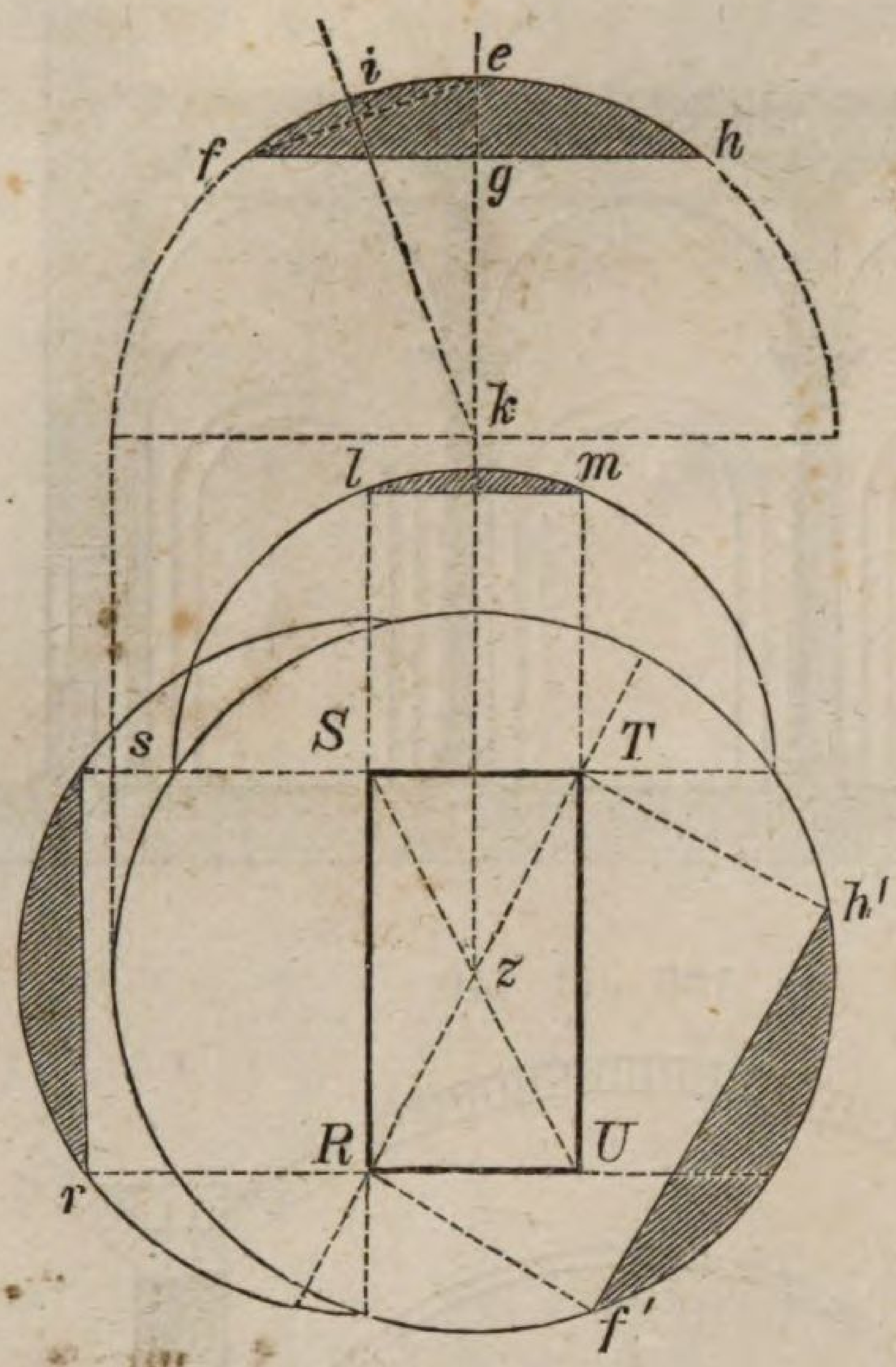


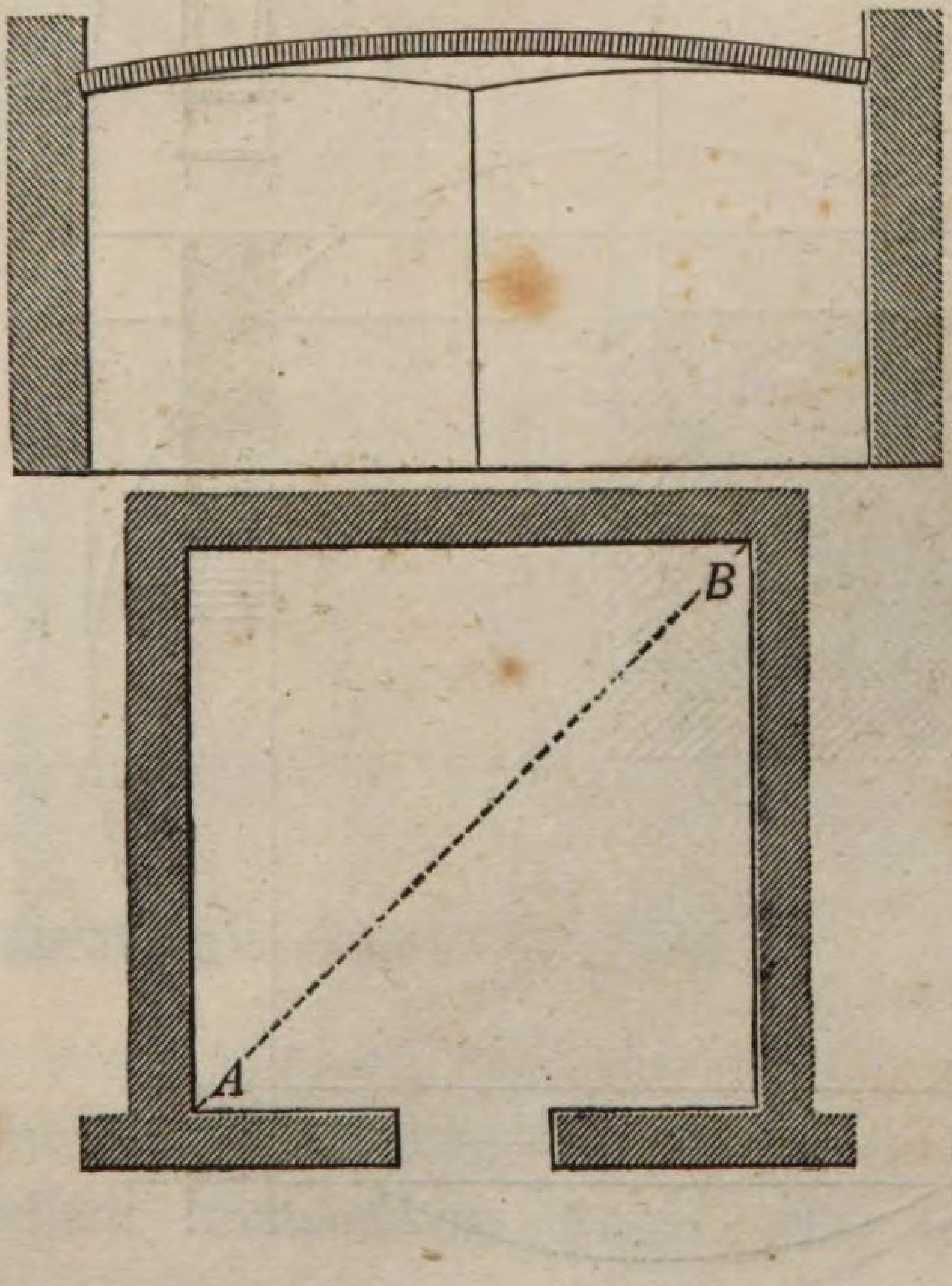
Fig. 141.



überwölbenden Raumes gegeben und es muß danach der Halbmesser durch Construction gesucht werden. Man verfahre hierbei wie folgt:

RSTU sei der zu überwölbende Raum, z der Schwerpunkt; g e ist die Aufwölbung, fh = SU, fi = ie, ik ⊥ fe; verlängere das Loth bis k, so ist k der Mittelpunkt der Halbkuppel, welche über RSTU liegt. Mit dem Radius k e ziehe um z einen Kreis; verlängere S T nach beiden Seiten, bis der Kreis durchschnitten wird, und errichte hierüber einen Halbkreis, mache l S ⊥ S T und m T ⊥ S T, bis der darüber liegende Halbkreis durchschnitten wird, so ist l m der Schildbogen über S T; wird über S R ebenfalls ein Halbkreis gelegt, so ist r s der Schildbogen über R S. Schlägt man mit k e einen Bogen, so ist f e h der Diagonalbogen. Denselben erhält man auch, wenn auf R T die Senkrechten R f' und T h' errichtet werden, dann ist f' h' ebenfalls der Diagonalbogen.

Fig. 142 und 142a.



Das scheitrechte Gewölbe.

(Fig. 142 und 142a.)

Dieses ist ein sehr flaches Kuppelgewölbe. Es

erhält stets eine geringe Aufwölbung, den Busen, von $^1/_{36}$ der Spannweite. Die Wölbungsart geschieht auf Schwalbenschwanz und die Stärke beträgt $^1/_2$ Stein. Die Belastung der scheitrechten Gewölbe durch Balkenlagen ist nicht zulässig. Große Räume können damit nicht überdeckt werden; die größte Spannweite, welche noch genügende Sicherheit bietet, ist 3,75 ^{m} (12′).

Die Verstärkung der Gewölbe.

Dieselbe kann geschehen:

1) durch Gurte. Erhält ein Kappengewölbe von beträchtlicher Spannweite eine bedeutende Länge, z. B. bei Corridoren, so muß dasselbe durch Gurte, ähnlich wie die bei den Tonnengewölben beschriebenen, in Entfernungen von 3 ^{m} (10′) verstärkt werden. Diese Verstärkungsbögen können nach oben wie unten vorspringen.

2) Durch Auskragung (Fig. 143 und 144). Das Auskragen der Steine vermindert den Seitendruck und verstärkt namentlich das Widerlager. Bei den Kuppelgewölben findet die Auskragung, zur Herstellung der Zwickel oder Pendentifs, oft Verwendung, ebenso bei den Gurtbögen; denn das Auskragen vermindert die Spannweite und damit den Seitenschub. Bei den Auskragungen liegen die Steine stets in horizontaler Lage.

Fig. 143.

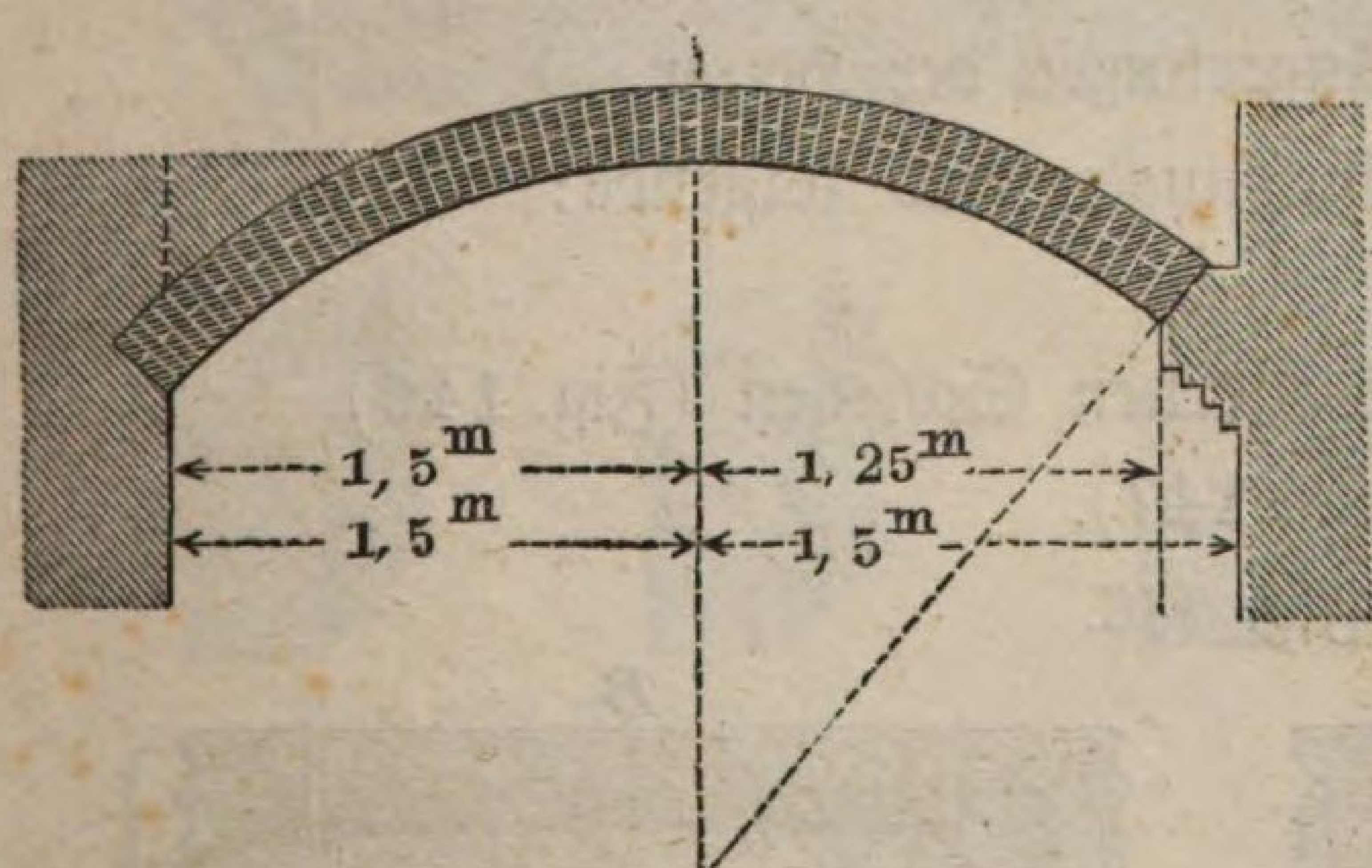


Fig. 144.

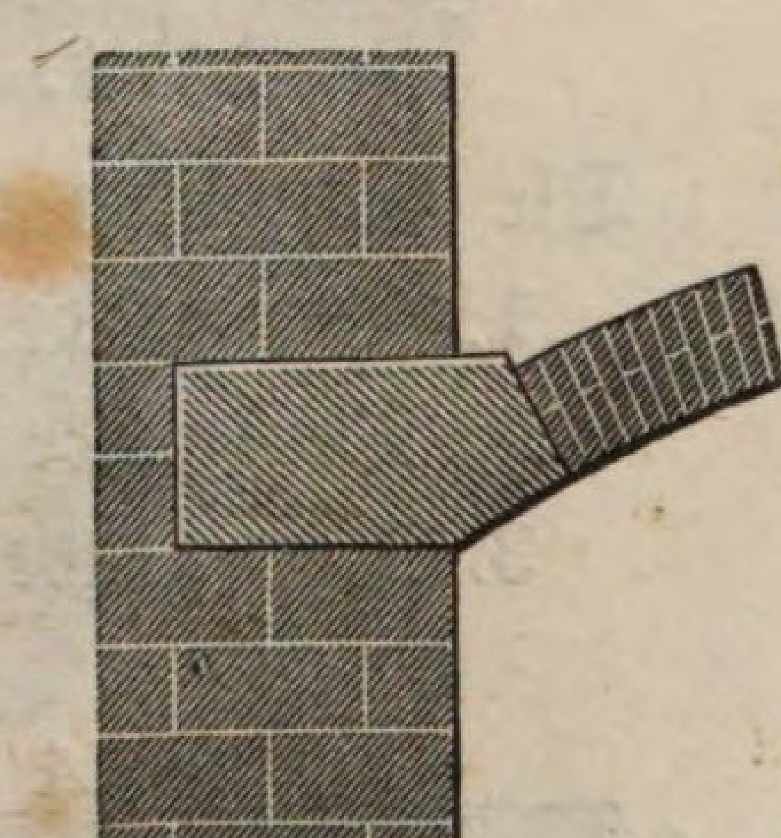
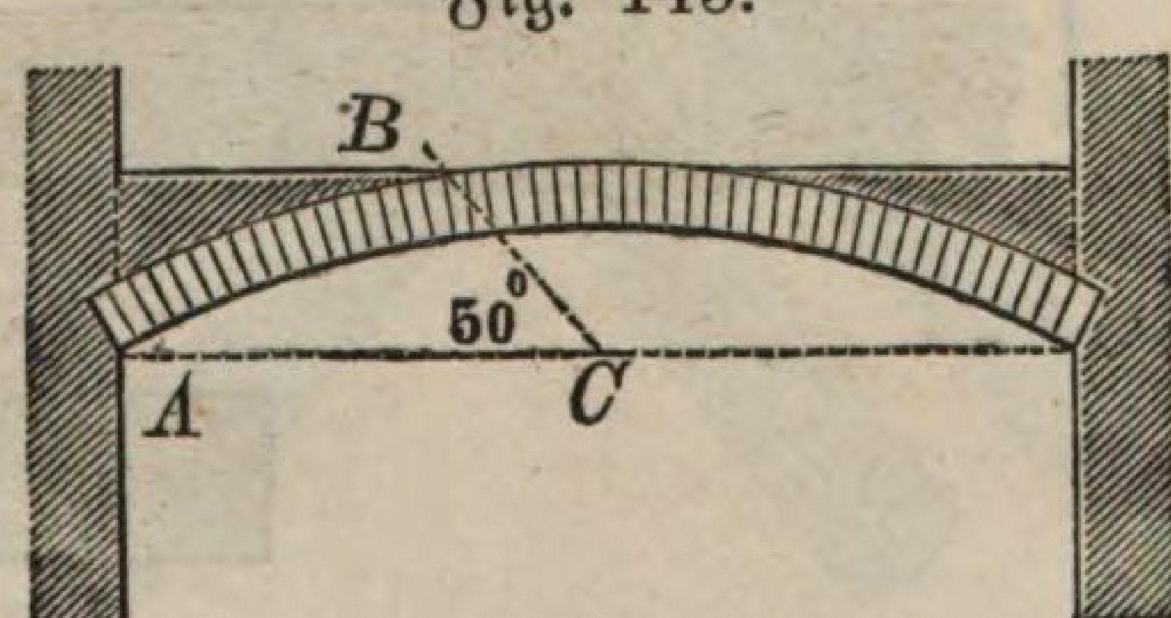


Fig. 145.



3) Durch Hintermauerung. (Fig. 145.) Bei allen Gewölben ist die Hintermauerung mindestens so hoch zu führen, daß der Winkel ACB 50° beträgt,

damit die Brechungsfuge des Gewölbes durch die Mauerung überdeckt wird.

Bei Brücken ꝛc. läßt man die Hintermauerung nach dem Scheitel zu auslaufen. Bei Hochbauten wird deren Höhe auf circa $1/_3 — 1/_2$ der Pfeilhöhe gerechnet.

4) Durch Zugstangen. (Siehe Abtheilung IV.)

II. Abtheilung.

Construction in Holz.

Um die Zimmerconstructionen mit Verständniß anwenden zu können und um dieselben zweckentsprechend zu entwerfen, ist die Kenntniß der einzelnen Verbindungen unerläßlich. Wir beginnen deshalb mit den Verbänden.

Je nach der Lage und Verwendung der einzelnen Verbindungen unterscheidet man:

A. Verlängerungen,
B. Verbreitungen,
C. Ueberkreuzungen und Knotenbildungen,
D. Verdickungen der Hölzer.

A. Die Verlängerungen der Hölzer.

Die wichtigsten dieser Verbindungen sind folgende:

1. Der grade Stoß.
2. Der grade Stoß mit eisernen Schienen (Fig. 146).
3. Das grade Blatt (Fig. 147).

Fig. 146.

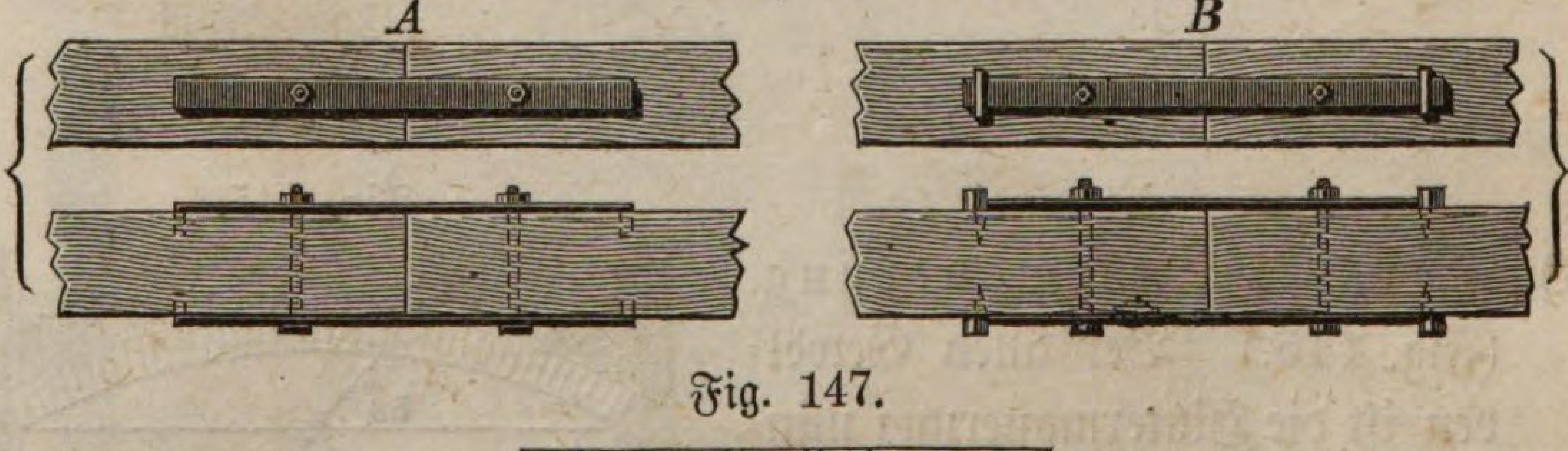
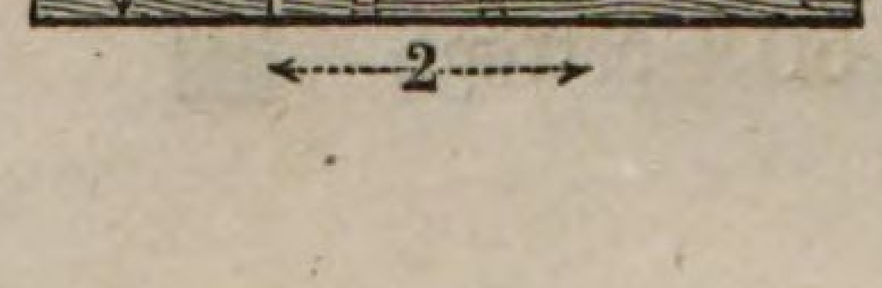


Fig. 147.



4. Das schräge Blatt (Fig. 148).
5. Der schräge Hakenkamm mit Keilen (Fig. 149).

Fig. 148.

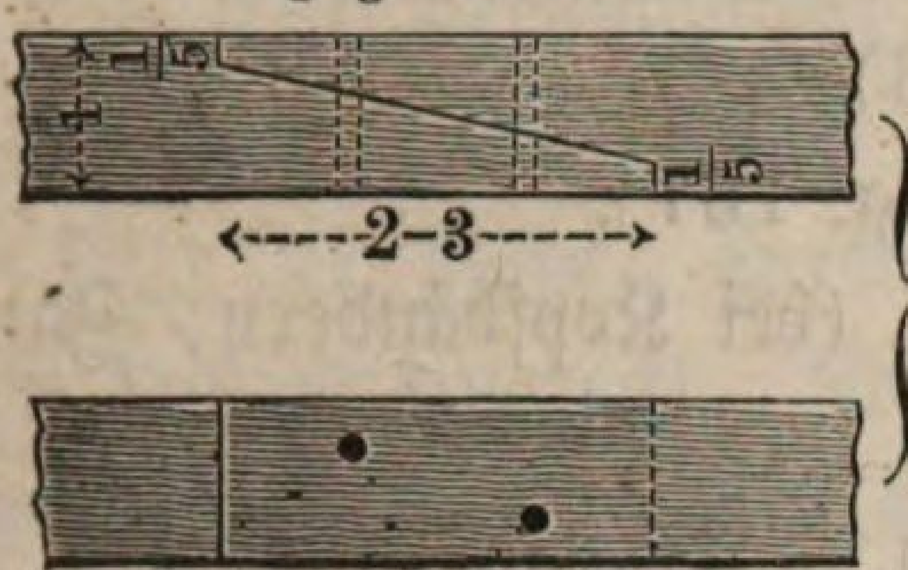
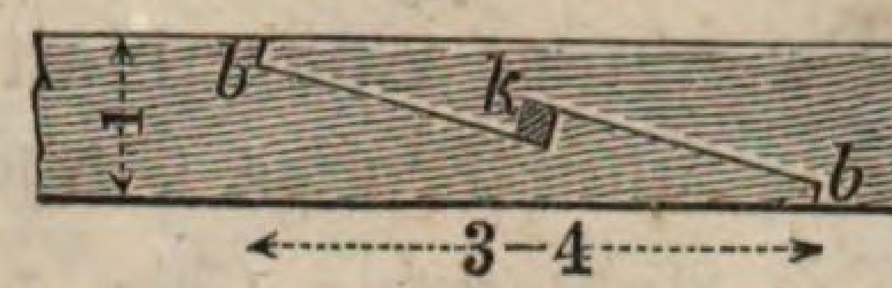


Fig. 149.



B. Verbreitungen der Hölzer.

Hierher gehören die verschiedenartigen Spundungen, wie sie bei Spundwänden, Fußböden u. s. w.*) vorkommen.

C. Ueberkreuzungen und Knotenbildungen der Hölzer.

Hierbei unterscheiden wir wieder:

1. Hölzer, welche in einer Ebene liegen.

a. Der gewöhnliche Zapfen (Fig. 150).
b. Der Blockzapfen (Fig. 151 A und B) (bei breiten Hölzern anzuwenden).
c. Der Brustzapfen (bei Balkenauswechselungen).
d. Der schräge Zapfen (Fig. 152 A und B) (bei Streben).

Fig. 154. Fig.. 150 Fig. 151 A. B.

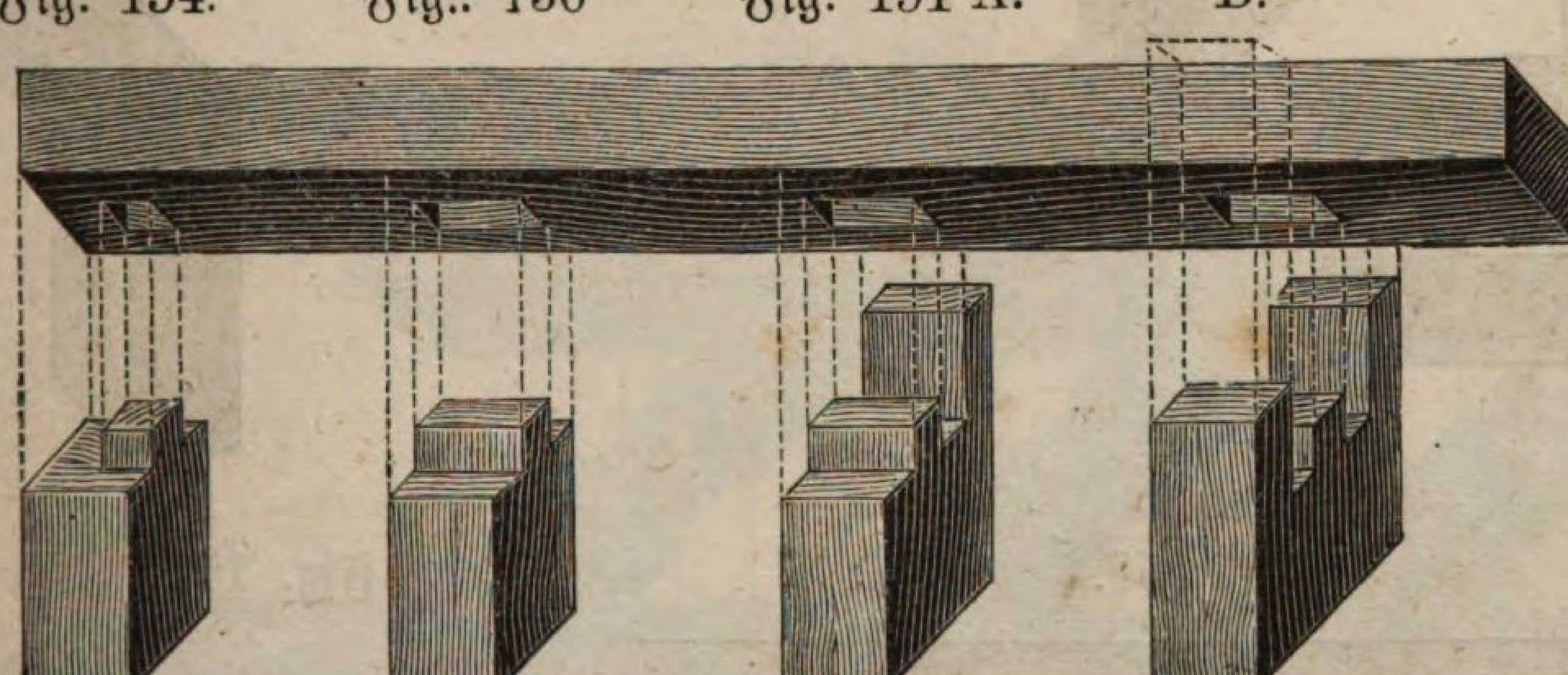


Fig. 152 A und B.

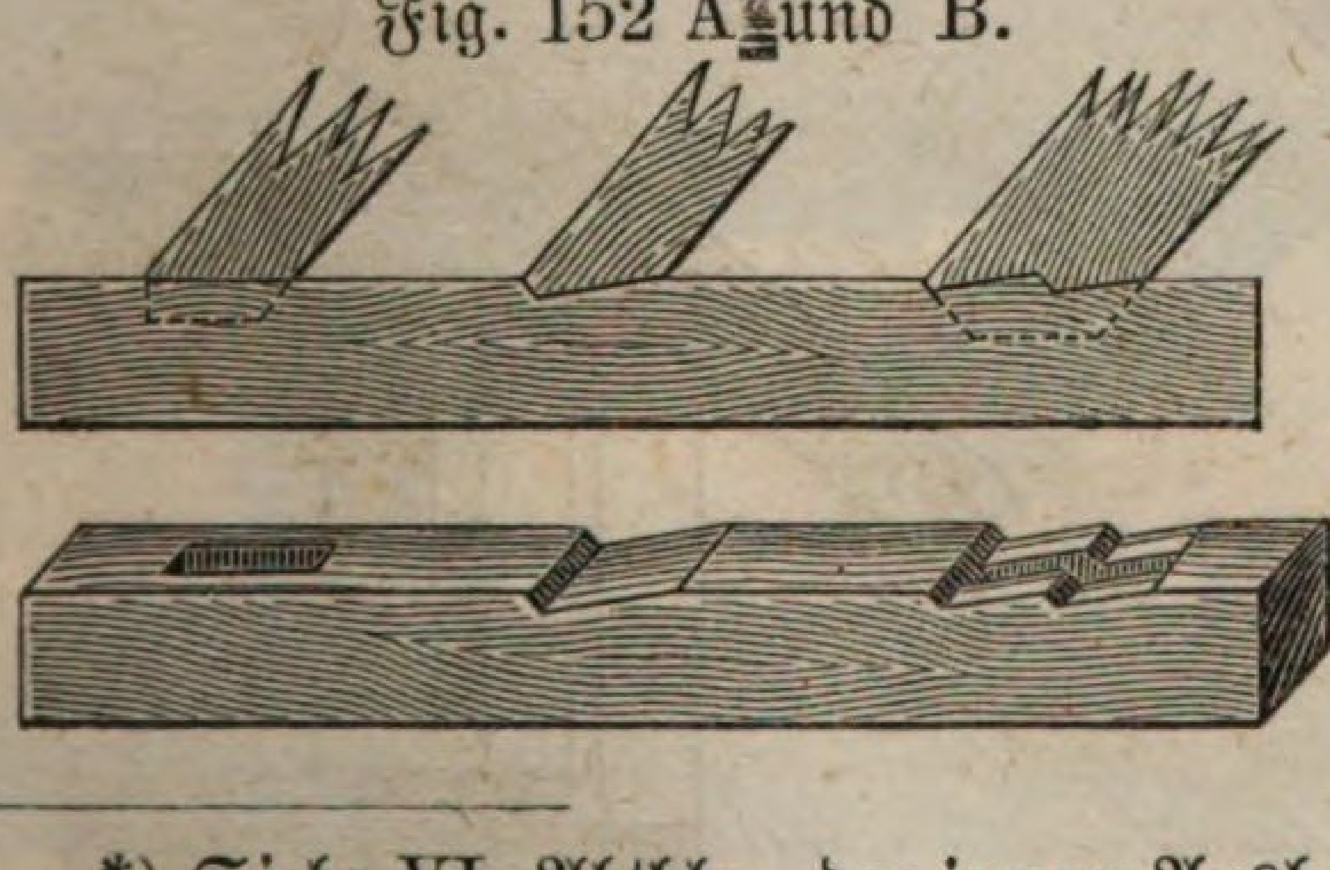
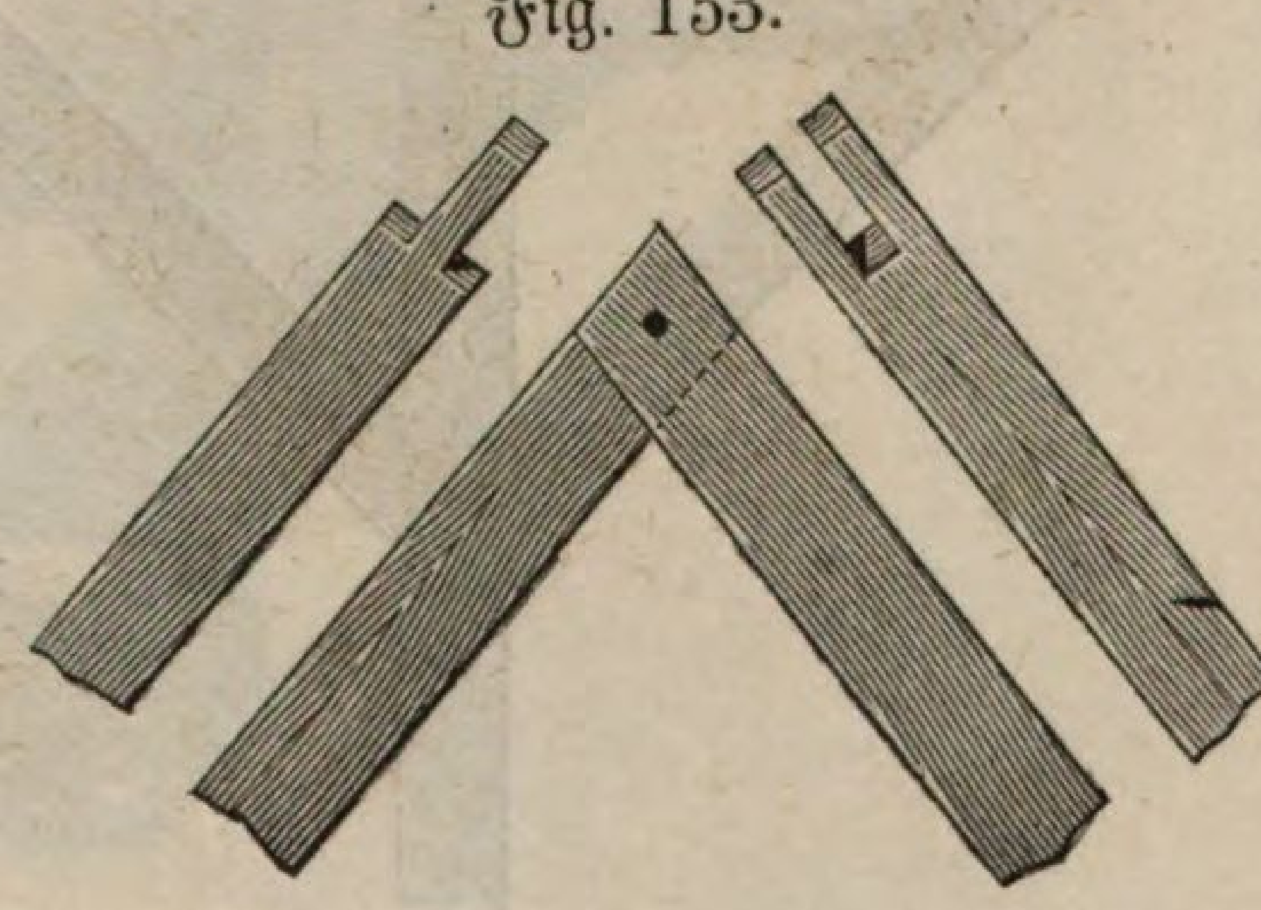


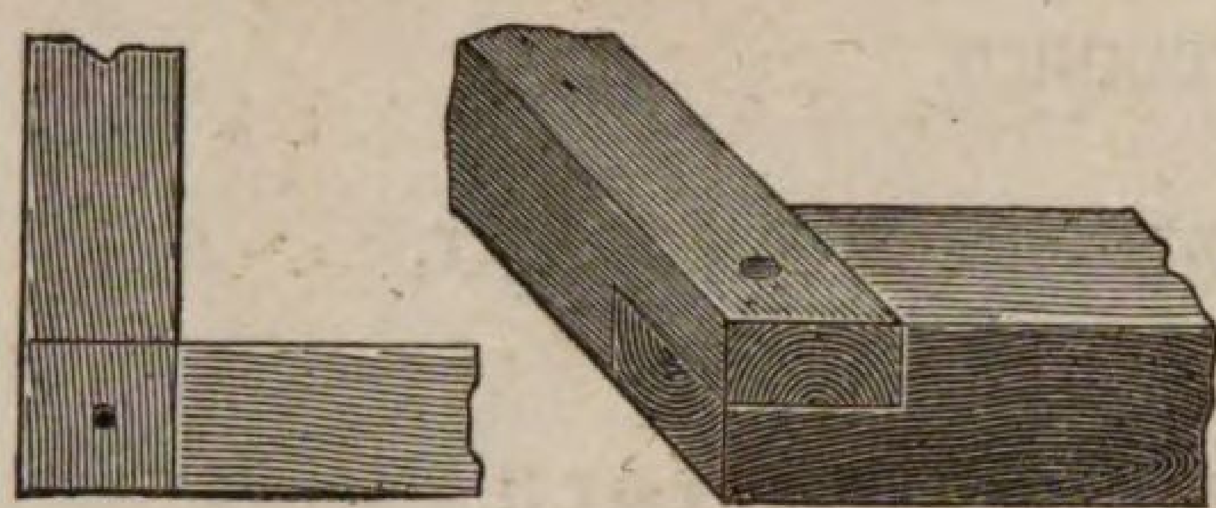
Fig. 153.



*) Siehe VI. Abthlg., der innere Ausbau.

e. Der Scheerzapfen (Fig. 153) (bei Sparren).
f. Die Eckzapfen (Fig. 154) (bei Eckständern).
g. Die grade Eckeüberblattung (Fig. 155).
h. Die schräge Eckeüberblattung (Fig. 156).
i. Die kammförmige Eckeüberblattung (Fig. 157).
k. Die Anblattung (Fig. 158 und 159) (bei Kopfbändern, Zangen und Kehlbalken.
l. Die einfache Versatzung (bei Streben).
m. Die doppelte Versatzung bei sehr schrägen Streben.

Fig. 155.



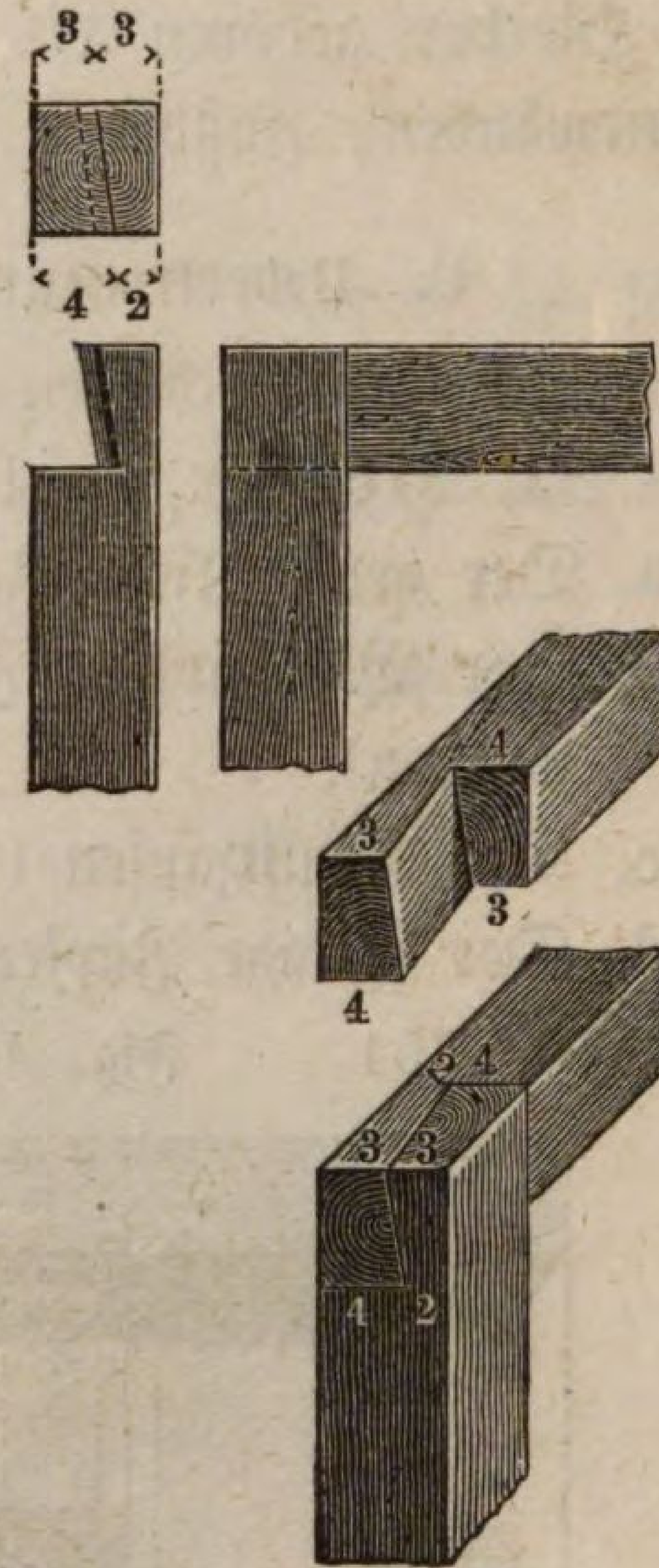


Fig. 156.

Fig. 157.

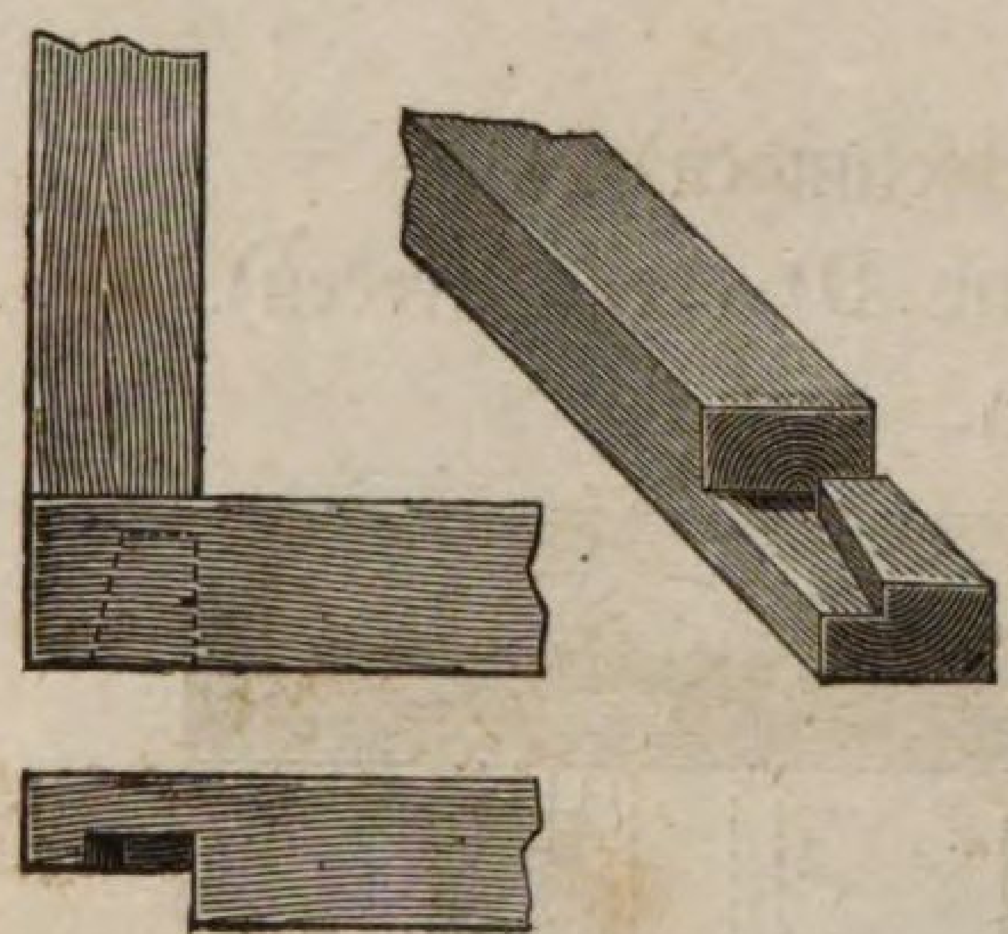


Fig. 158.

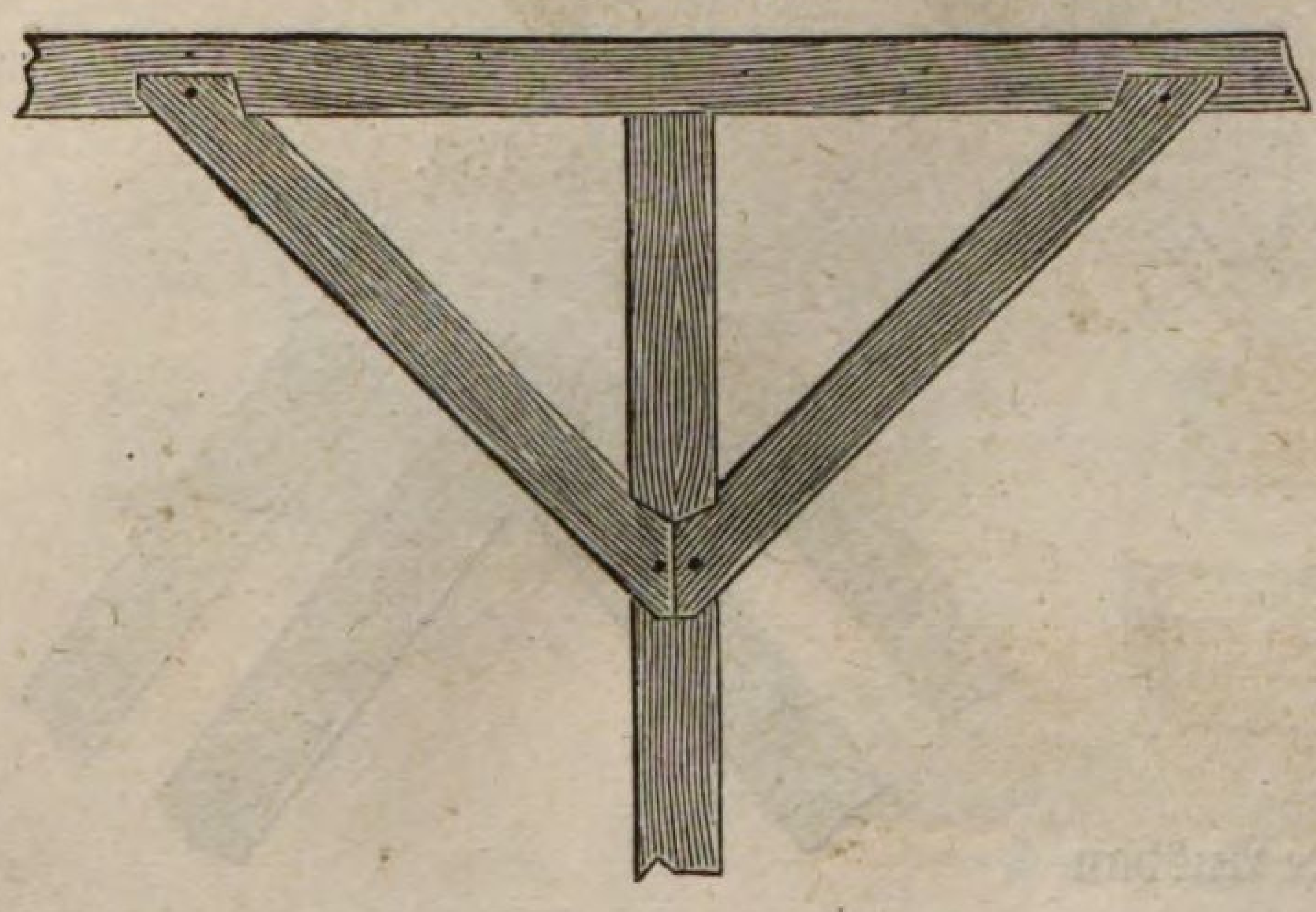
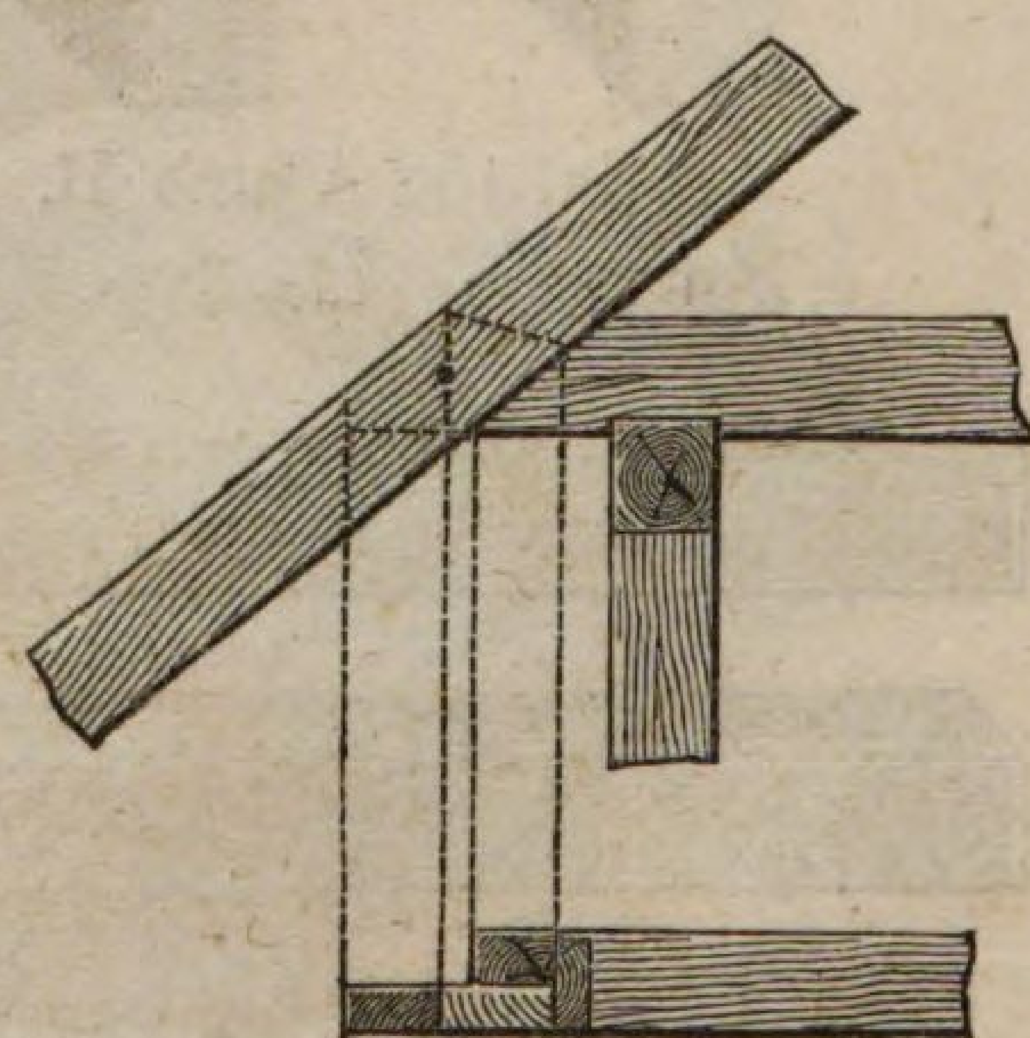


Fig. 159.



2. Hölzer, welche nicht in der Ebene liegen.

Hierzu rechnet man:

Die Verkämmung, Verdollung und Schiftung.

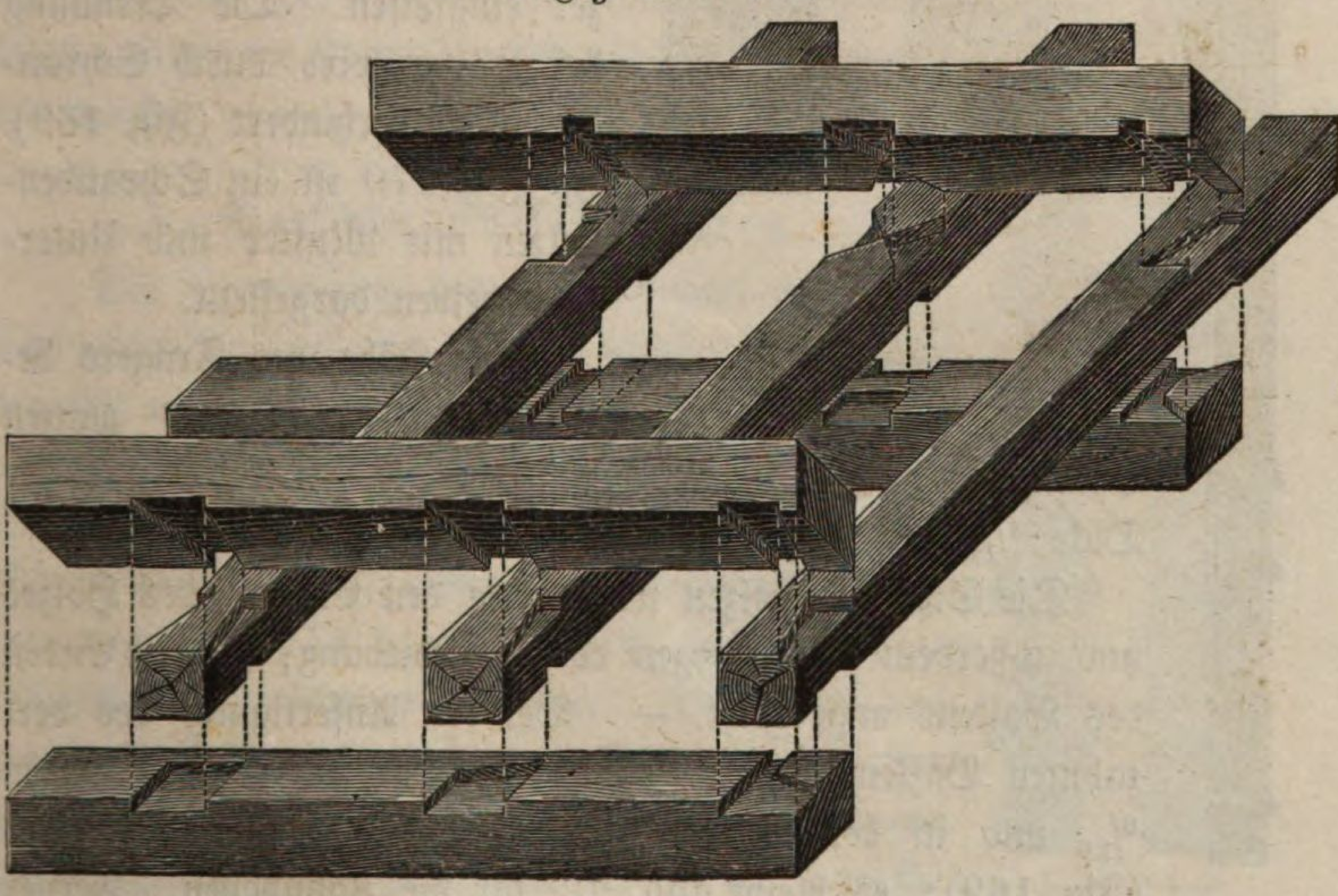
Bei der Verkämmung wird aus dem einen Holze eine Vertiefung, $^1/_8$ — $^1/_{10}$ der Höhe, gearbeitet, in welche der vorstehende Theil des andern Holzes eingreift. Die Verkämmung kommt hauptsächlich bei den Fachwerkswänden vor, bei welchen das Rahmholz der unteren Wand, die Etagenbalken und die Schwelle der oberen Wand in dieser Weise verbunden werden. Sie findet außerdem Anwendung bei der Ueberkreuzung eines Balkens mit dem Unterzuge resp. der Mauerlatte.

Die hauptsächlichsten Verkämmungen sind:

a. Der grade Kamm (Fig. 162).
b. Der schräge Hakenkamm (Fig. 163) (Eckverbindung).
c. Der einfache und doppelte schwalbenschwanzförmige Kamm (Fig. 164 und 165).
d. Der schräge Kamm (Fig. 166).
e. Der Kreuzkamm (Fig. 167).

Die Verdollung (mit einem Dorn) steht der Verkämmung unter allen Umständen nach.

Fig. 160—167.



D. Die Verdickung der Hölzer.

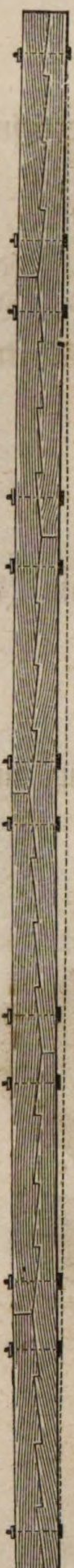


Fig. 168.

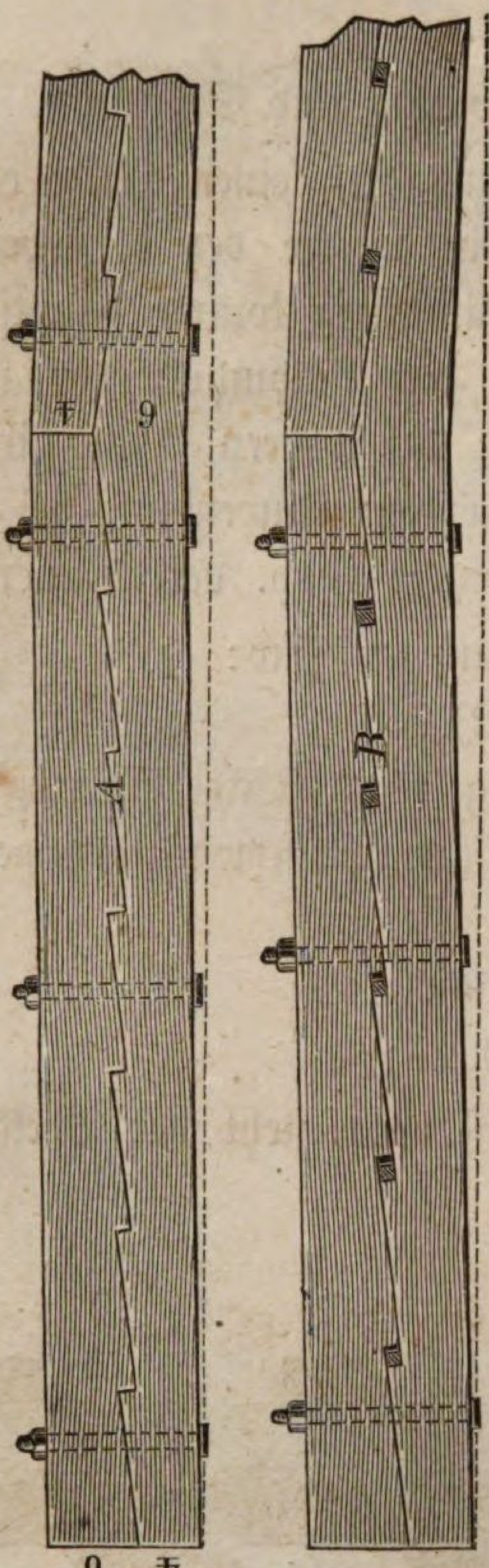


Fig. 169 und 171.



Fig. 170.

Bekanntlich nimmt die Tragfähigkeit eines Holzes mit dem Quadrat seiner Höhe zu; da jedoch die einfachen Balken als Träger rc. bei größerer Belastung und freiliegender Länge sehr stark, und daher zu theuer werden würden, so ersetzt man dieselben durch die verzahnten resp. verdübelten Balken.

a. Der verzahnte Balken.

Derselbe kann aus 3, 5 oder 7 fest auf einander verbolzten Stücken bestehen (Fig. 168). Die Verschiebung der einzelnen Hölzer wird durch sogenannte Zähne vermieden, welche in die Vertiefungen der anderen Hölzer eingreifen. Die Trennung der Hölzer wird durch Schraubenbolzen verhindert (Fig. 169). In Fig. 170 ist ein Schraubenbolzen mit Mutter und Unterlagsscheiben dargestellt.

Die Höhe des Trägers beträgt $^1/_{12}$ — $^1/_{15}$ der ganzen Spannweite, die Länge der Zähne $^8/_{10}$ — $^{10}/_{10}$ und die Dicke $^1/_{10}$ der Höhe des ganzen Balkens.

Die Schraubenbolzen werden an den Enden jedes Holzes und außerdem noch, wegen der Verschiebung, an den Enden des Balkens angebracht. — Bei der Anfertigung des verzahnten Balkens erhält das obere Holzstück an den Enden $^6/_{10}$ und in der Mitte $^4/_{10}$ der ganzen Höhe des Balkens (Fig. 169); es bleibt also $^1/_{10}$ für die Zahnhöhen. Ferner

giebt man dem ganzen Balken, der Durchbiegung wegen, in der Mitte eine Stechung von $^1/_{60}$ seiner ganzen Länge.

Bei guter Ausführung beträgt die Tragfähigkeit eines verzahnten Balkens $^3/_4$ von der eines vollen Balkens, d. h. will man einem verzahnten Balken dieselbe Tragfähigkeit eines vollen, unter sonst gleichen Umständen, geben, so verhält sich die Höhe (H) des verzahnten zu der Höhe (h) eines vollen Balkens:

$$H : h = 1{,}1 : 2.$$

Die Höhe des Ersteren muß also $1^1/_{10}$ mal so groß sein, als die des Letzteren.

Der Stoß der einzelnen Zähne ist in seiner Dichtung schwierig, deshalb werden eiserne oder hölzerne Keile zwischen dieselben eingetrieben, wodurch gleichzeitig eine größere Verspannung der ganzen Verbindung bewirkt wird (Fig. 171).

Zu erwähnen ist schließlich noch, daß die unteren Holzfasern auf absolute und die oberen auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen werden; hieraus folgt, daß es zweckmäßig ist, über jeden Stoß eine eiserne Schiene, und zwischen die Hirnenden der Hölzer eine dünne Bleiplatte zu legen, damit die Hirnenden sich nicht so stark zusammendrücken.

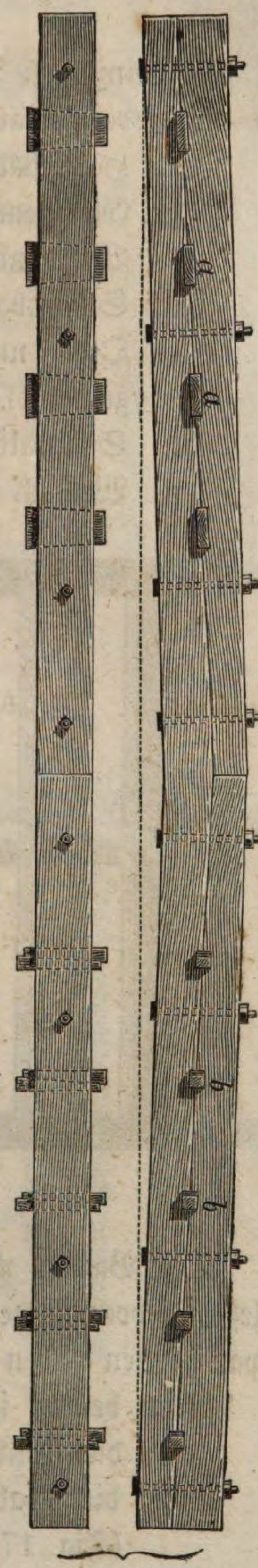


Fig. 172.

b. Der verdübelte Balken.

Die Bearbeitung des eben beschriebenen Balkens oder Trägers ist ziemlich schwierig, deshalb begnügt man sich häufig damit, zwei Balken von gleicher Höhe fest mit einander zu verbolzen und die Verschiebung derselben durch schlanke eiserne oder eichene Dübel zu verhindern. Diese können entweder nach Fig. 172 b quadratische, oder nach a rechteckige Querschnitte erhalten. Die Höhe des ganzen Balkens beträgt ebenfalls $^1/_{12}$—$^1/_{15}$ der ganzen Spannweite, ebenso wird die Sprengung gleich $^1/_{60}$ der Spannweite gemacht. — Die Tragfä-

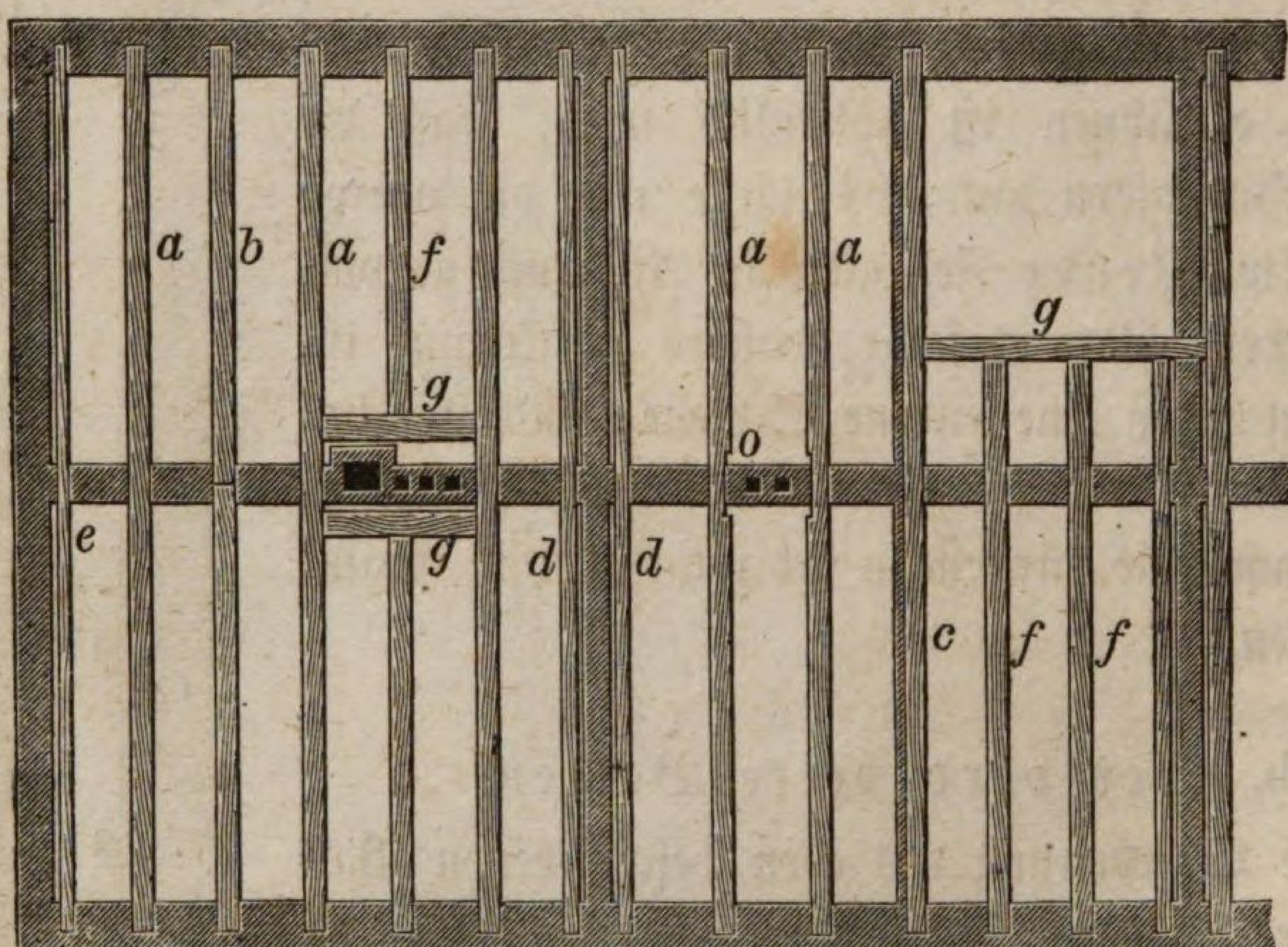
higkeit des verdübelten Balkens ist gleich der des verzahnten, also gleich $^3/_4$ der Tragfähigkeit eines vollen Balkens unter sonst gleichen Umständen.

Die Balkenlagen.

Die einzelnen Balken haben je nach ihren Längen und Bestimmungen verschiedene Namen; man unterscheidet z. B. Fig. 173:

a. Hauptbalken.
b. Gestoßene Balken.
c. Wandbalken (auf diesen darf keine Mauer stehen).
d. Streichbalken.
e. Ort- und Giebelbalken (bei Fachwerkswänden Bundbalken genannt).
f. Stichbalken.
g. Wechsel.

Fig. 173.



Die Lage der Balken.

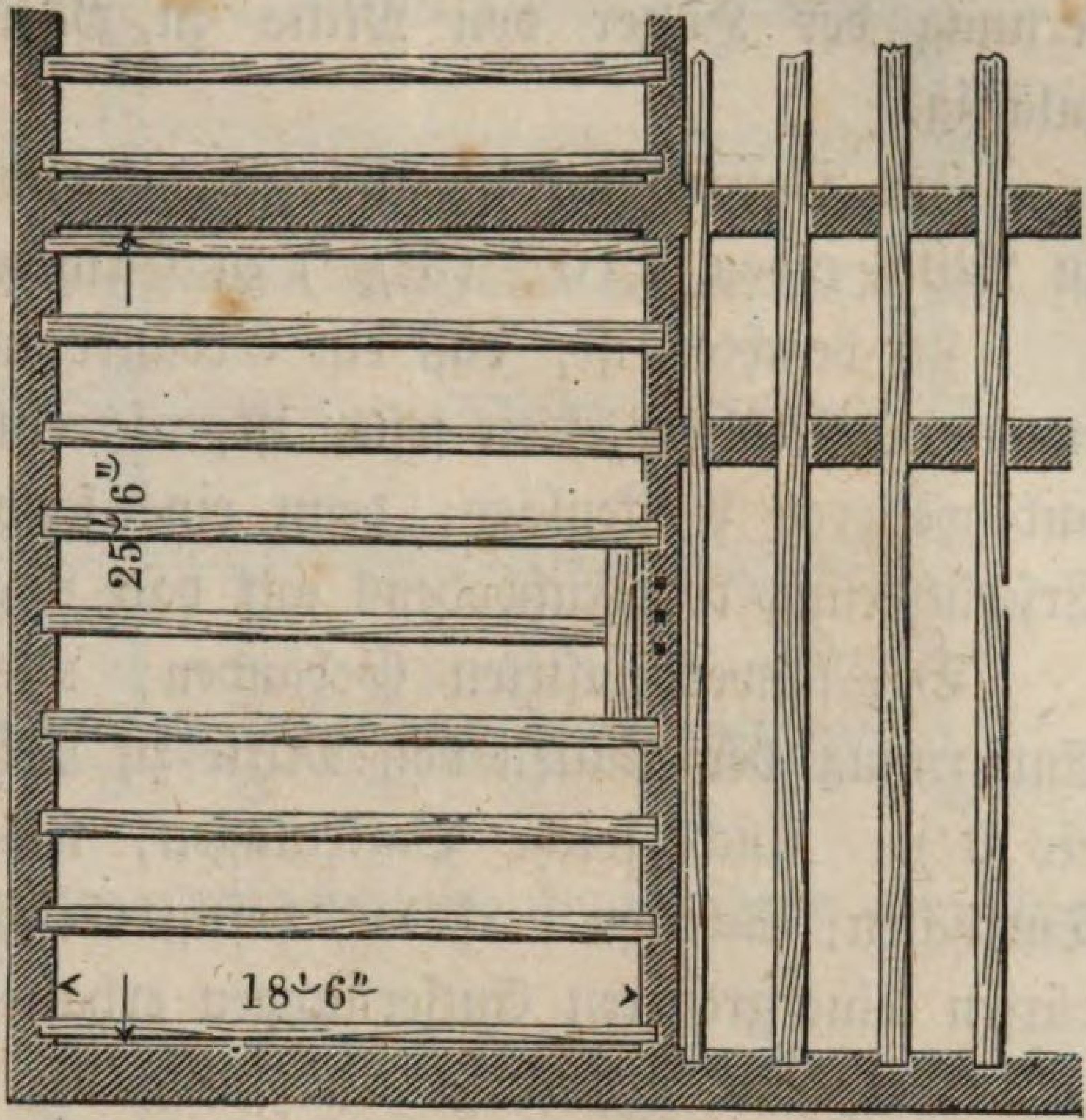
Die Balken werden in der Regel nach der Tiefe des Gebäudes gelegt, jedoch können sie auch, wenn die Räume in der Länge kleinere Spannweiten haben, in dieser Richtung angeordnet werden.

Man befolgt im Allgemeinen den Grundsatz, daß

1. die freiliegenden Balken möglichst wenig frei liegen (Fig. 174),
2. die Balken stets senkrecht zur Frontmauer verlegt werden (Fig. 175).

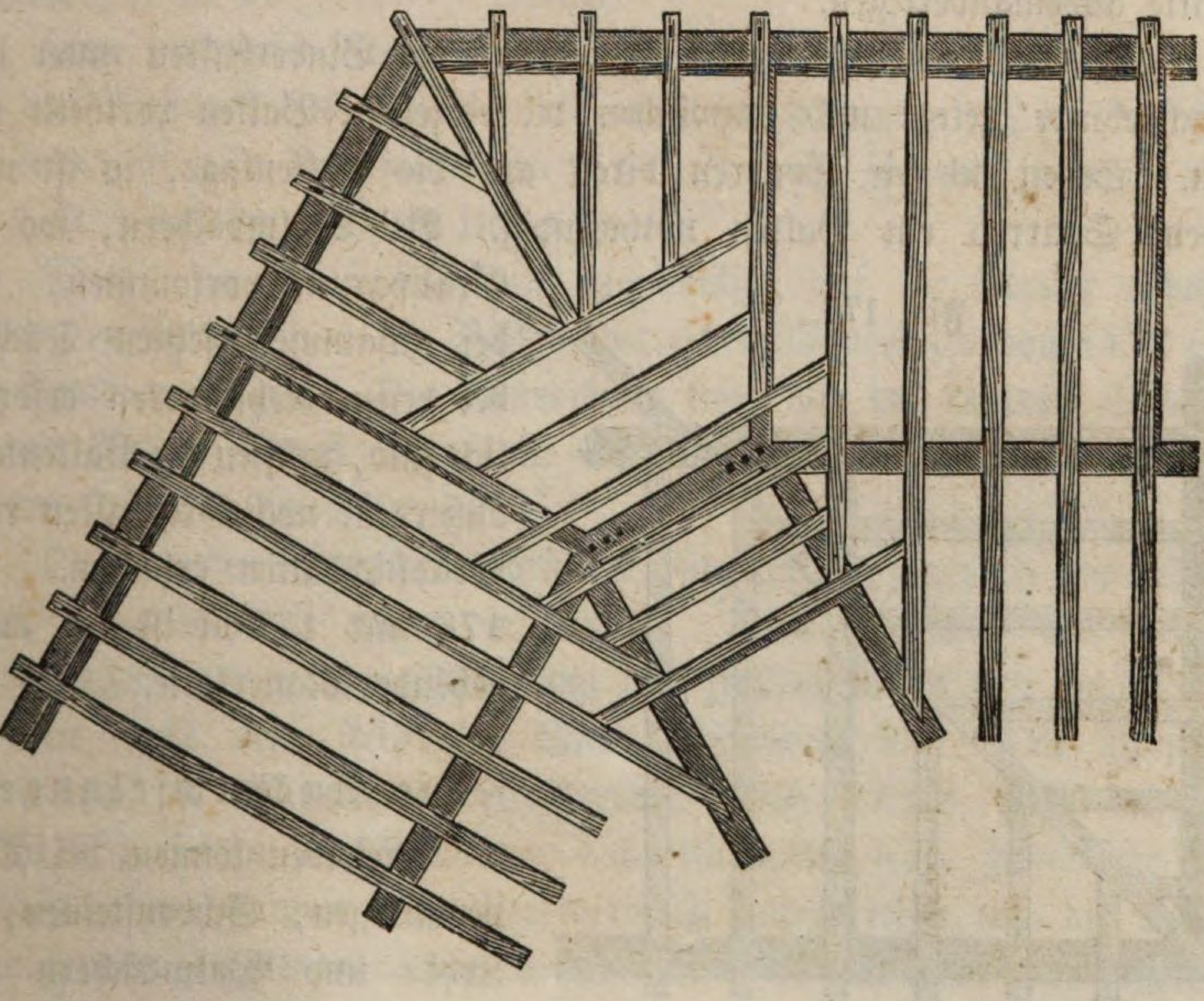
Die Entfernung der Balken von einander.

Fig. 174.



Als Erfahrungssatz für die Entfernung der Balken kann aufgestellt werden, daß bei gesundem Bauholze und nicht größerer Tiefe der Räume als höchstens $5\frac{1}{2}$ bis $6\frac{1}{4}$ m (18—20'), bei einer Stärke der Balken von 26 cm (10") und einer Breite von 24 cm (9"), die Entfernung von Mitte zu Mitte nicht über 1 m (3') betragen darf. Hierbei ist auf die gewöhnliche Belastung der Wohngebäude Rücksicht genommen, sowie auf die Dielung von 4 cm ($1\frac{1}{2}$").

Fig. 175.



Sind die Balken 30 cm (11″) hoch und 26 cm (10″) breit, bei einer Tiefe der Räume von $5^1/_2$ — $6^1/_4$ m (18 — 20′), so ist eine Entfernung der Hölzer von Mitte zu Mitte bis höchstens 1,25 m (4′) zulässig.

Im Durchschnitt ist also für die Entfernung der Balken von Mitte zu Mitte circa 1,10 m ($3^1/_2$′) zu Grunde zu legen.

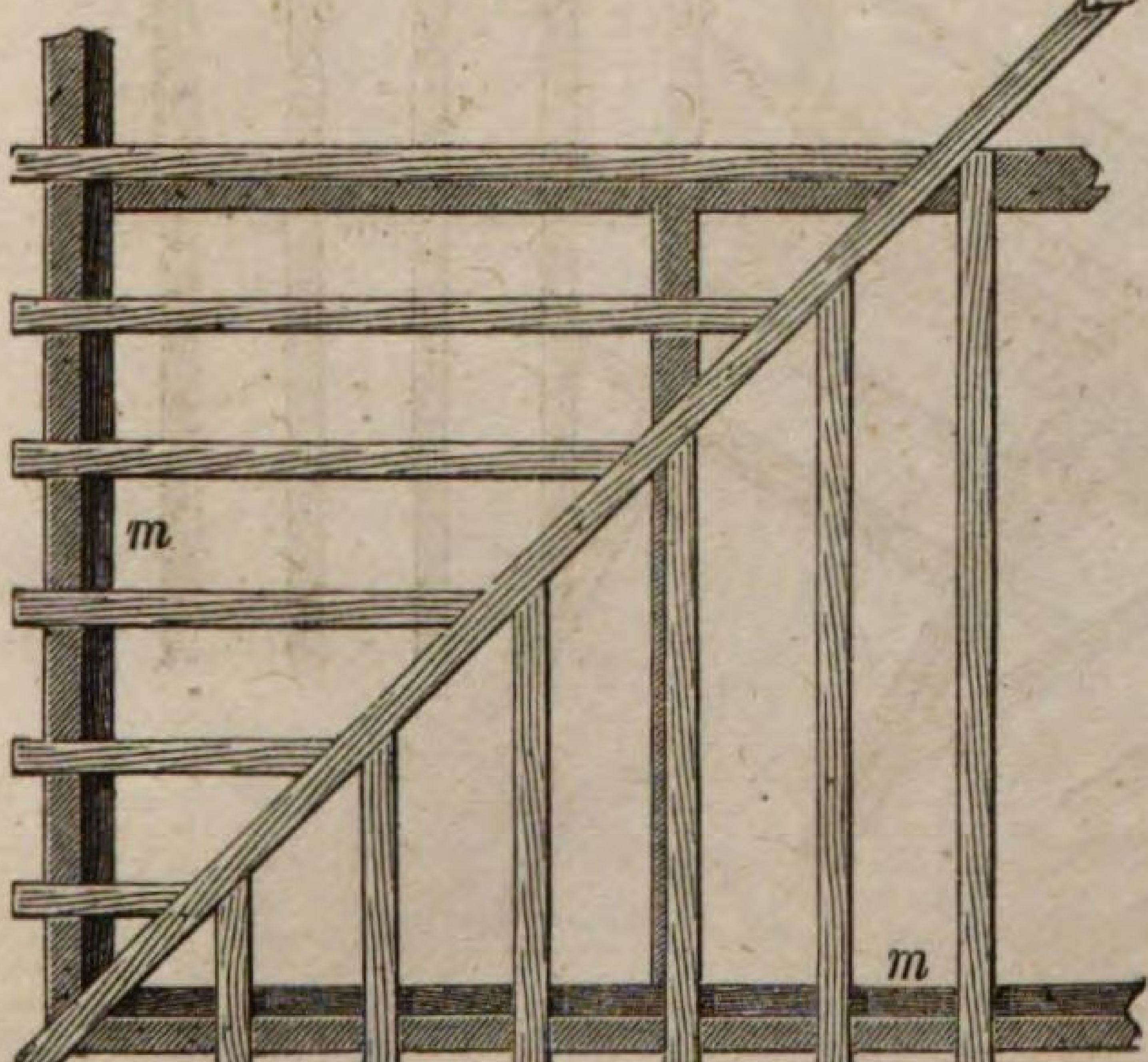
Zu beachten ist, daß ein Gebäude mit schwächeren Mauern, aber engerer Balkenlage, weit fester ist, als ein solches mit stärkeren Mauern und weiterer Balkenlage; denn eine schwache Balkenlage überträgt die Erschütterung des Fußbodens auf das Mauerwerk.

Bei schwerbelasteten Gebäuden, Magazinen u. dergl. beträgt die Entfernung der Balken von Mitte zu Mitte 80, höchstens 95 cm ($2^1/_2$ bis 3′). Auch solche Balkenlagen, welche, wie bei Tanz-, Fecht-, Turnsälen, Schulen u. s. w., heftige Erschütterungen auszuhalten haben, dürfen keine größeren Entfernungen erhalten.

Wo keine erhebliche Belastung der Balkenlagen eintritt, wie bei Dächern ohne Wohnungen oder Niederlagsräumen, kann die Entfernung der Balken eine größere sein, bei 24 cm (9″) Höhe und 21 cm (8″) Breite kann man sie in solchen Fällen 1,10 m ($3^1/_2$′) von Mitte zu Mitte auseinanderlegen.

Bei der Dachbalkenlage müssen zuerst die Binderbalken unter jedes Dachgebinde gelegt und dazwischen die einzelnen Balken vertheilt werden. Setzen sich die Sparren direct auf die Balkenlage, so ist unter jedem Sparren ein Balken nothwendig. Bei Walmdächern, wo also Gratsparren vorkommen, oder bei zusammengesetzten Dächern, bei denen Kehlsparren erforderlich sind, müssen die Balkenlagen außerdem noch Gratbalken resp. Gradstichbalken erhalten. Fig. 176 und 177 m ist die durchgehende Mauerlatte.

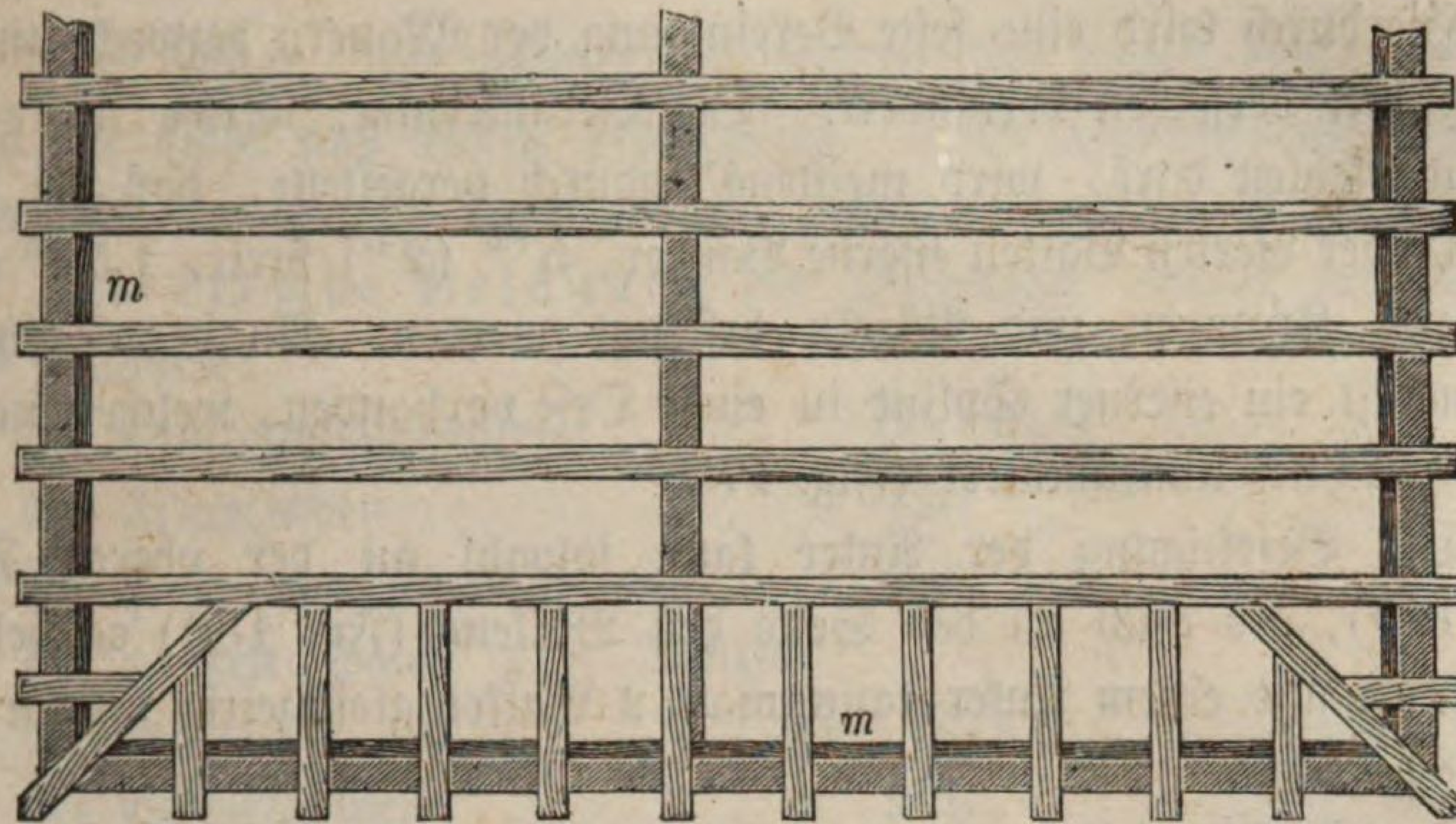
Fig. 176.



Die Auswechselungen.

Dieselben können bei Treppenanlagen, Schornsteinen, bei Kehl- und Walmdächern vor-

Fig. 177.



kommen, bei unregelmäßigem Grundriß nehmen sie die Stich-Gradstichbalken auf, wie Fig. 173 zeigt.

Das Auflager der Balken und der Mauerlatte.

Ist ein Absatz von $^1/_2$ Stein Breite vorhanden, so lege man den Balkenkopf noch circa 13 cm (5″) in die Wand, so daß dann das ganze Auflager circa 26 cm (10″) beträgt.

Eine practische Regel sagt:

das Auflager des Balkenendes sei gleich der ganzen Höhe des Balkens; ist also ein Balken 26 cm (10″) hoch, so muß er auch 26 cm (10″) auf der Mauer liegen.

Damit die Balkenbelastung gleichmäßig auf die Mauer vertheilt werde, verkämmt man die Balken mit einer Mauerlatte von 11 cm (4″) im Quadrat Stärke. Die Mauerlatte liegt mit der inneren Seite der Mauer bündig, sodaß entstehende Schäden sich leicht erkennen und ausbessern lassen. (Fig. 179—181).

In manchen Gegenden legen die Zimmerleute, anstatt der Mauerlatte, hölzerne Keile unter die Balken. Dies ist jedoch nur bei den Balkenlagen mit geringer Belastung und freiliegender Länge zulässig, im anderen Falle muß stets eine Latte vorhanden sein. Der Vorwand, daß durch die Mauerlatte der Verband gestört werde, kann bei einer 2 bis $2^1/_2$ Stein starken Mauer nicht stichhaltig sein, zumal die Balkenköpfe ohnehin schon den Ziegelverband unterbrechen und die Mauerlatte gerade geeignet ist einen Längenverband in der Mauer herzustellen.

Die Verankerung der Balken.

Hierdurch wird eine feste Vereinigung der Mauern bezweckt und das Ausweichen derselben verhindert. Die Verankerung, welche in keinem Gebäude fehlen darf, wird meistens dadurch hergestellt, daß bei jedem dritten oder vierten Balken eiserne Bänder, 5 ^{cm} (2″) breit, 1,5 ^{cm} ($^1/_2$″) dick, mit Krampen und Nägeln befestigt werden. An der Spitze der Schiene ist ein eiserner Splint in einer Oese vorhanden, welcher mehrere Mauerschichten umklammert (Fig. 178).

Die Befestigung der Anker kann sowohl an der oberen Fläche (Fig. 179), als auch an der Seite des Balkens (Fig. 180) geschehen.

Auch mit einem Anker kann man 2 Balken gleichzeitig ankern, wie Fig. 181 zeigt.

Der Splint wird entweder ganz im Mauerwerk versteckt, oder er bleibt sichtbar, wodurch bei Rohbauten hübsche Decorationsmotive entstehen.

Fig. 178.

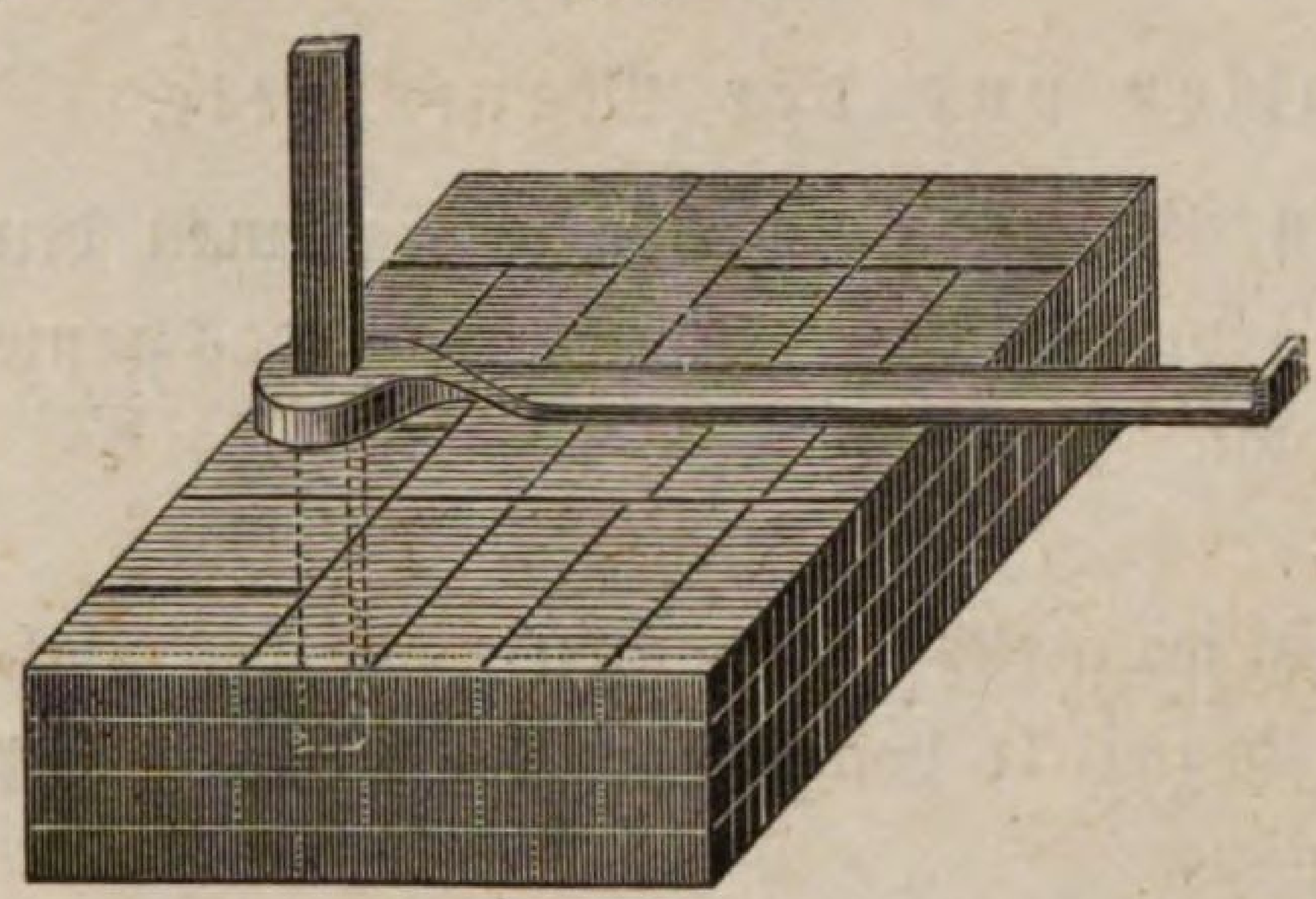


Fig. 179.

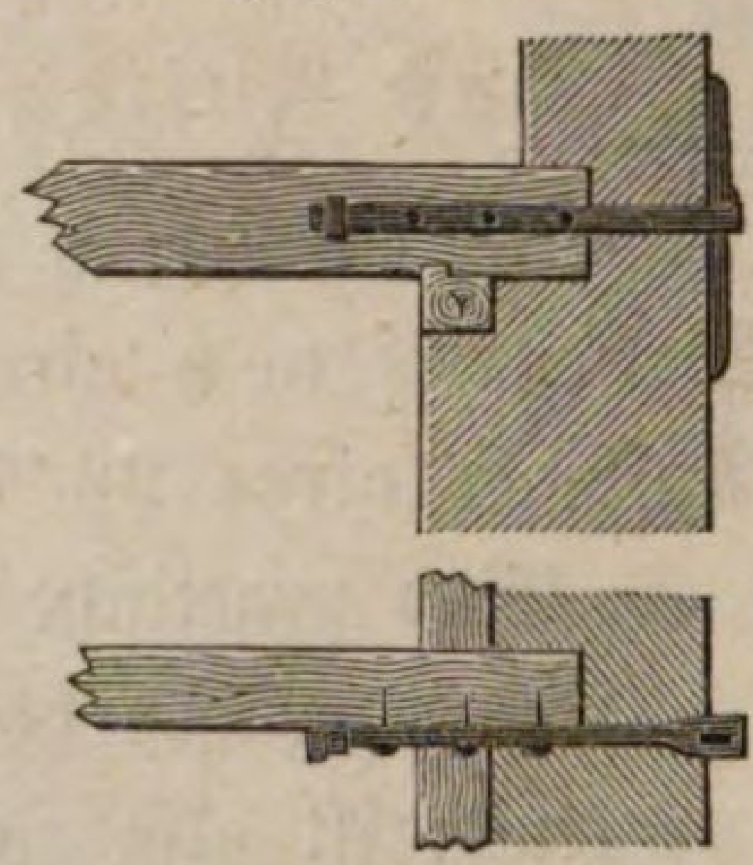


Fig. 180.

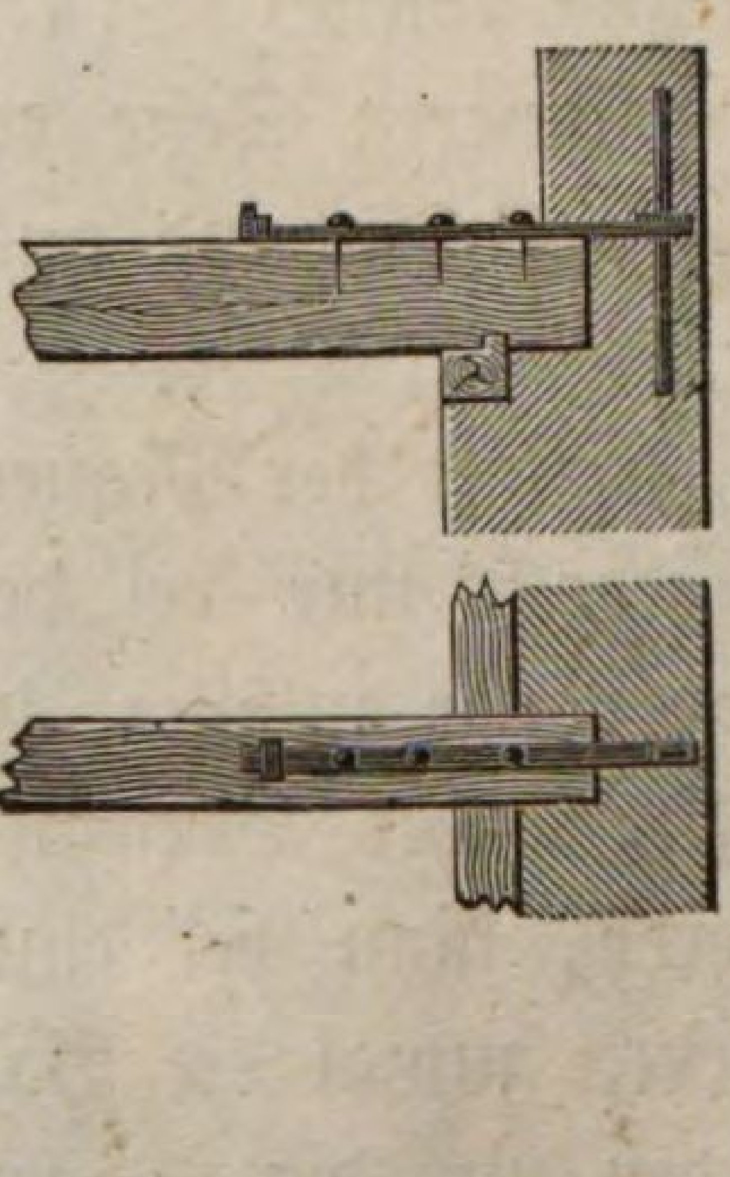
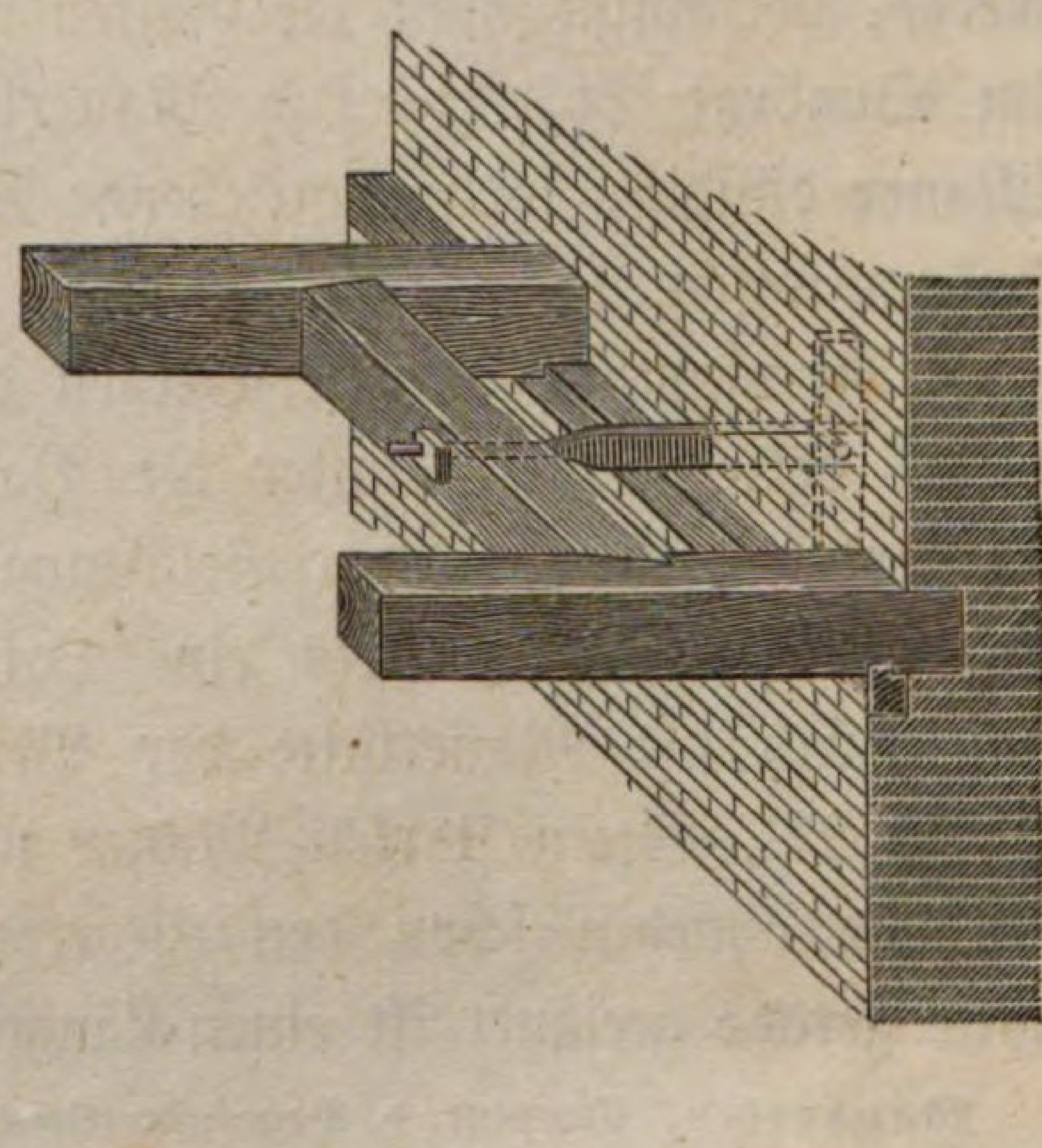


Fig. 181.



Die Stärke der Balken.

Die Länge, auf welcher ein Balken frei liegen kann, richtet sich nach der Höhe und Breite des Holzes. Diese Dimensionen ergeben sich aber wieder aus dem Eigengewichte und der fremden Belastung.

Die **fremde Belastung** der Balkenlage beträgt im Maximum pr. □Meter:

bei Kaufmannsspeichern . . .	600 Klgr.,	pr. □′	150	Pfd.
bei Fruchtböden	450 „	„	90	„
bei Heu- und Strohböden . .	400 „	„	80	„
bei großen Sälen und Tanzlocalen	300—375 „	„	60—75	„
bei Wohnräumen	225 „	„	45	„
bei Dachräumen	150—250 „	„	30—50	„

Die **Eigenbelastung** der Balkenlagen richtet sich nach der Ausfüllung der Balkenfelder und der Construction der Decke. Nehmen wir an, daß die Balken 1 m (3′) von Mitte zu Mitte entfernt und 5,7 bis 6,3 m frei liegen, so beträgt die Eigenbelastung pr. □Meter:

bei der einfachen Balkenlage mit hölzernem Fußboden und Decke, ohne Ausfüllung der Balkenfelder und ohne Deckenputz (Fig. 182) . .	100 Klgr.,	pr. □′	20	Pfd.
bei der einfachen Cassetendecke ohne Stuck	135 „	„	27	„
bei der einfachen Cassetendecke mit halbem Windelboden und Stuck .	370 „	„	74	„
bei dem gestreckten Windelboden mit Lehmstrich (Fig. 183)	400 „	„	80	„
bei dem halben Windelboden (Fig. 184)	350 „	„	70	„
bei dem ganzen Windelboden (Fig. 185)	600 „	„	120	„
bei der Einschubdecke (Fig. 186) .	375 „	„	75	„

Fig. 182.

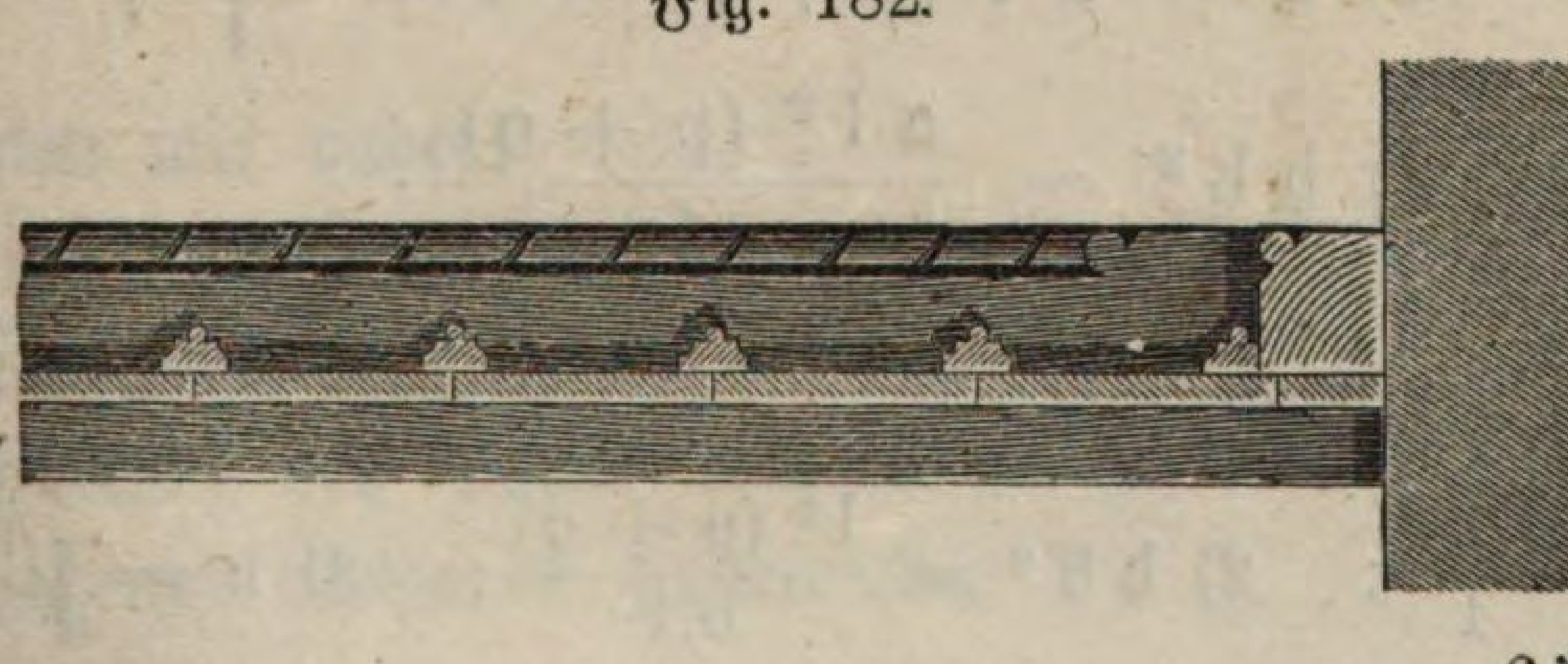


Fig. 183.

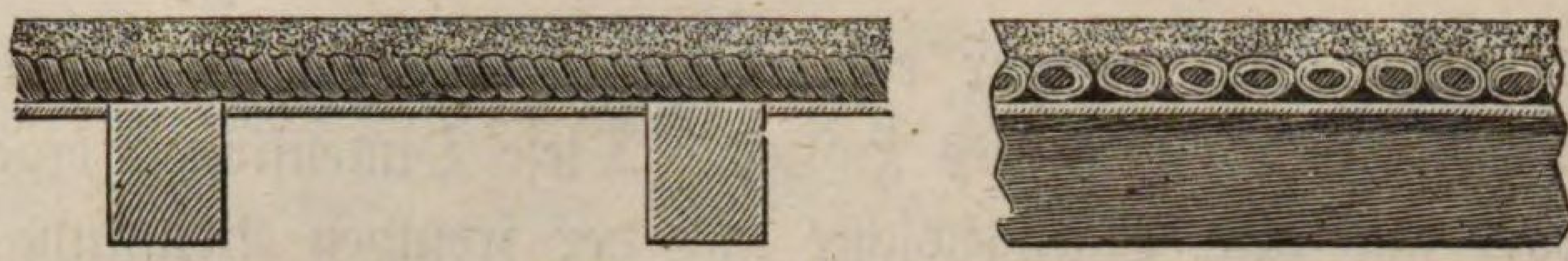


Fig. 184.

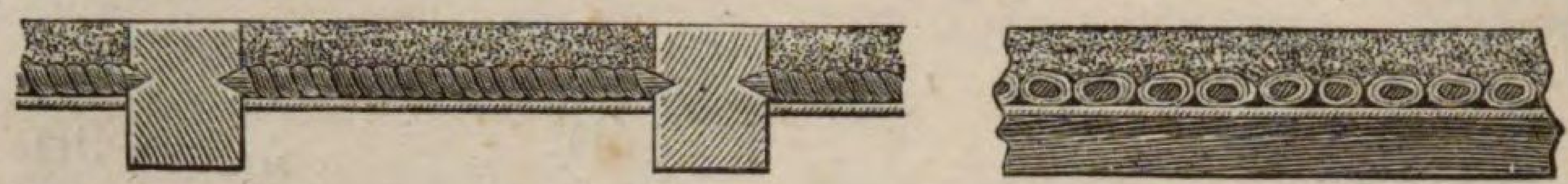
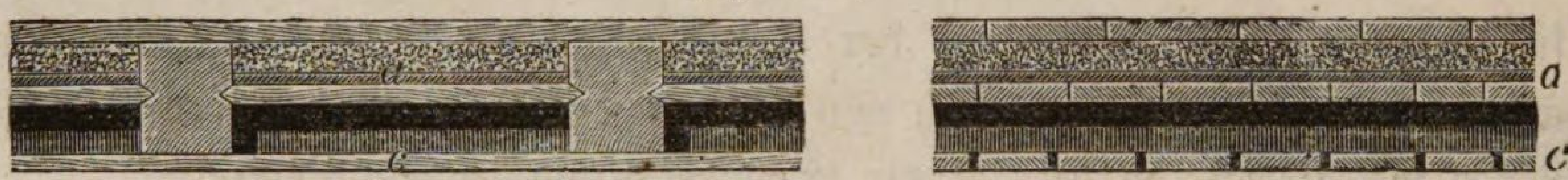


Fig. 185.



Fig. 186.



In Privat-Gebäuden ist es am vortheilhaftesten, die Einschubdecke mit Beschüttung, sowie den halben Windelboden anzuordnen.

Bei der statischen Berechnung kann man die Balken als freiliegend mit gleichmäßiger Belastung annehmen. Bezeichnet man im Nachstehenden:

P, die ganze Belastung in Pfunden resp. Kilogrammen,

q, das Eigengewicht der Balkenlage pr. □ Fuß oder □^{m},

a, der Abstand der Balken von Mitte zu Mitte in Fußen oder ^{m},

l, die Länge des Balkens in Fußen oder ^{m},

h, die Höhe des Balkens in Zollen oder ^{cm},

b, die Breite des Balkens in Zollen oder ^{cm},

so ist die Belastung des Balkens in rheinländischem Maße:*)

$$1)\ P = a\,l\,(p + q) = 112\,\frac{b\,h^2}{l},$$

$$\text{oder } 2)\ b\,h^2 = \frac{a\,l^2\,(p + q)}{112}.$$

---

*) Im Metermaß wird sein:

$$1)\ P = 0{,}1 \cdot \frac{b\,h^2}{l}; \quad 2)\ b\,h^2 = \frac{l^2\,(p + q)}{0{,}1}; \quad 3)\ h = \sqrt[3]{\frac{a\,l^2\,(p + q)}{0{,}07}}$$

Der vortheilhafteste Querdurchschnitt eines Balkens ist, wenn die Höhe zur Breite sich verhält wie:

$$h : b = 7 : 5.$$

Setzt man demnach $b = \frac{5}{7} h$, so ist:

$$3)\ h = \sqrt[3]{\frac{a\, l^2\, (p + q)}{80}}.$$

Aufgabe. Wie groß ist die Belastung einer Balkenlage pr. □ Fuß ($\frac{1}{10}$ □ ^{m}) Fruchtspeicher mit ganzem Windelboden, wenn die Balken $3\frac{1}{2}'$ (1,10 ^{m}) von einander entfernt und 18′ (5,65 ^{m}) lang sind, sowie einen Querschnitt von 9″, (0,235 ^{m}) und 12″ (0,31 ^{m}) Höhe erhalten?

Auflösung. Nach Formel 1 ist:

$$P = a\, l\, (p + q) = 112\, \frac{b\, h^2}{l}, \text{ demnach ist}$$

$$(p + q) = \frac{112\, b\, h^2}{a\, l^2} = \frac{112 \cdot 9 \cdot 12^2}{3\frac{1}{2} \cdot 18^2} = 128 \text{ Pfd. (64 Klgr.)}$$

Da der angenommene Querschnitt nicht die größte Tragfähigkeit besitzt, so kann eine andere Aufgabe lauten: wie groß würde bei der angenommenen Belastung der vortheilhafteste Querschnitt sein?

Auflösung. Nach Formel 3 ist:

$$h = \sqrt[3]{\frac{a\, l^2\, (p + q)}{80}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{3\frac{1}{2} \cdot 18^2\ 128}{80}} = \text{circa } 12\tfrac{1}{4}''\ (32^{cm}),$$

$$b = \tfrac{5}{7}\, h,$$

$$b = \tfrac{5}{7} \cdot 12\tfrac{1}{4} = 8\tfrac{3}{4}''\ (23^{cm}).$$

Zur Berechnung der Balkenstärke kann man auch die nachfolgenden Formeln anwenden; sie geben dieselben Resultate, wie die oben mitgetheilten.

Bezeichnen wir dabei:

k = Festigkeitscoefficient = 1000 Pfund pro □″ oder 70 Kilogr. pro □ Centimeter.

a = Entfernung der Balken von Mitte zu Mitte in Zollen oder ^{cm},

l = freiliegende Länge in Zollen oder ^{cm},

p und q = Eigengewicht und fremde Belastung pro □' oder □ᵐ in Pfunden oder Kilogr.

h = die Höhe des Balkens in Zollen oder cm,

b = die Breite des Balkens in Zollen oder cm,

so erhält man in rheinländischem Maße:

die Gesammtbelastung $P = (p + q)\, a\, l = 192\, k\, \frac{b\, h^2}{l}$,*)

oder $b\, h^2 = \frac{(p + q)\, a\, l^2}{192\, k}$.

Soll das Verhältniß der Breite zur Höhe $= \frac{b}{h} = {}^5/_7$ sein, so ist:

$$h = \sqrt[3]{\frac{7\,(p + q)\, a\, l^2}{960\, k}}$$

und $$b = {}^5/_7 \sqrt[3]{\frac{7\,(p + q)\, a\, l^2}{960\, k}}.$$

Die freiliegende Länge des Balkens beträgt dann:

$$l = \sqrt{\frac{192\, k\, b\, h^2}{(p + q)\, a}},$$

oder die Entfernung der Balken:

$$a = \frac{192\, k \cdot b\, h^2}{(p + q)\, l^2}.$$

Nachfolgende Tabelle giebt die Balkenstärken (in abgerundeten Zahlen) für Wohngebäude; die Entfernung der Balken von Mitte zu Mitte beträgt dabei circa 1ᵐ ($3^1/_4$ ').

Freie Länge		Stärke		Freie Länge		Stärke		Freie Länge		Stärke	
Meter	Fuß	Centimeter	Zoll	Meter	Fuß	Centimeter	Zoll	Meter	Fuß	Centimeter	Zoll
4,40	14	18 à 24	7 à 9	5,65	18	24 à 26	9 à 10	6,60	21	26 à 29	10 à 11
4,75	15	21 à 24,5	8 à 9	5,80	$18^1/_2$	21 à 28	8 à 11	6,75	$21^1/_2$	24 à 32	9 à 12
5,00	16	18 à 26	7 à 10	6,00	19	24 à 29	9 à 11	6,90	22	26 à 32	10 à 12
5,35	17	21 à 26	8 à 10	6,2	20	25 à 29	$9^1/_2$ à 11	7,20	$22^1/_2$	29 à 32	11 à 12

*) Im Metermaß:

$$P = 1333\, k\, \frac{b\, h^2}{l}; \quad h = \sqrt[3]{\frac{7\,(p + q)\, a\, l^2}{6665 \cdot k}}; \quad l = \sqrt{\frac{1333\, k \cdot b\, h^2}{(p + q)\, a}};$$

$$a = \frac{1333\, k \cdot b\, h^2}{(p + q)\, l^2}.$$

Nach einer practischen Regel ist die Balkenhöhe in rheinländischem Maße: $h = (6 + \frac{1}{4})$ Zoll, wenn l die freiliegende Länge in Fußen bedeutet; die Breite wird bei 3′ (circa 1 Meter) Entfernung der Balken, 1″ ($2\frac{1}{2}$ Centm.) geringer gemacht. Im Metermaß ist: $h = (16 + 2 \cdot l)$ Centimeter, wenn l die Balkenlänge in Metern heißt; demnach wäre bei 7 Meter Länge $h = (16 + 2 \cdot 7) = 30$ Centimeter, und $b = 30 - 2\frac{1}{2} = 27\frac{1}{2}$ Centimeter.

Balken, welche keine fremde Belastung, also weder Fußbodenbretter, Schalung noch Ausfüllung ꝛc. zu tragen haben, können sich 4 mal der Quadratwurzel ihrer Höhe freitragen, also

$$l = 4\sqrt{h}.$$

Ist z. B. ein Balken 25 Centm. hoch, so kann er $l = 4\sqrt{25} = 20$ Meter freiliegen, ohne durch sein Eigengewicht durchgebogen zu werden; hierbei ist l stets in Metern gedacht.

Die Verstärkung der Balken.

Müssen die Balken außergewöhnliche Dimensionen erhalten, so würden sie, aus einem Stücke bestehend, oft gar nicht zu beschaffen sein oder jedenfalls sehr theuer werden, sodaß sich in solchen Fällen eine Vereinigung mehrerer schwächerer Hölzer empfiehlt.

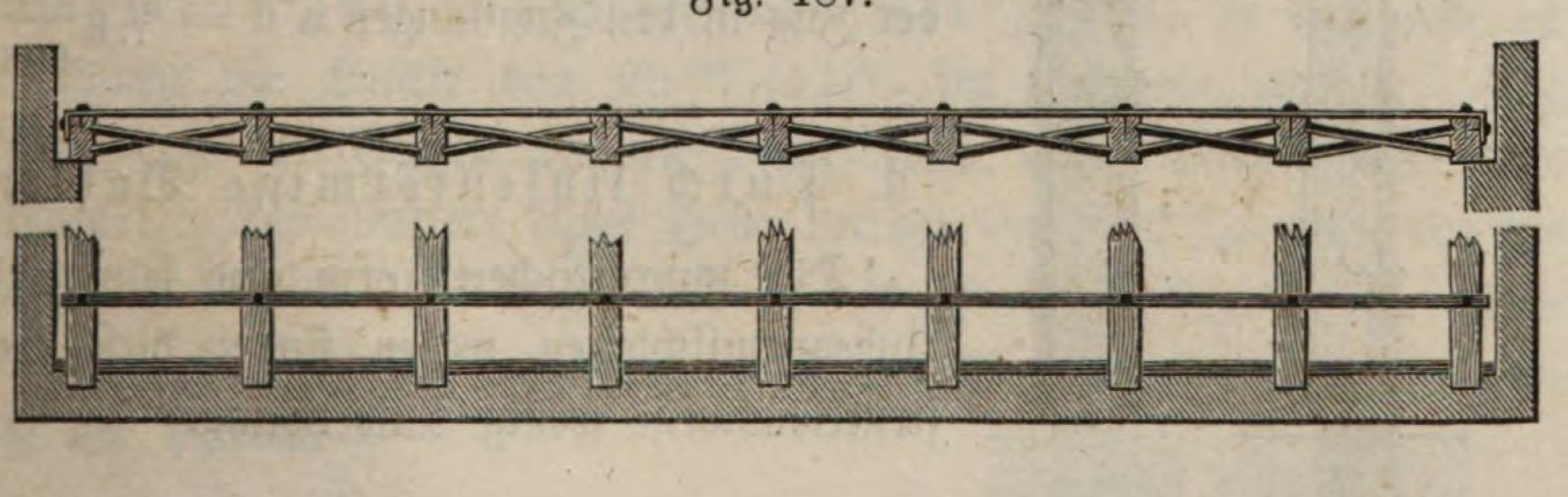
Die Verstärkung der Balken kann geschehen:

a. Durch Kreuzverstrebung (Fig. 187).

Diese Construction findet in Berlin allgemeine Anwendung; es liegen alsdann, gewöhnliche Zimmerbelastung angenommen, 21 und 24^{cm} (8 und 9″,) starke Balken in 1^{m} (3′) Entfernung 7,5^{m} (25′) frei.

Die Herstellung geschieht so, daß Sprengewerksblöcke aus 10—13^{cm} (4—5″) starken Hölzern und eisernen Zugstangen gebildet werden. Die Zugstangen müssen, der größeren Verspannung wegen, an den beiden Ortbalken verbolzt sein.

Fig. 187.



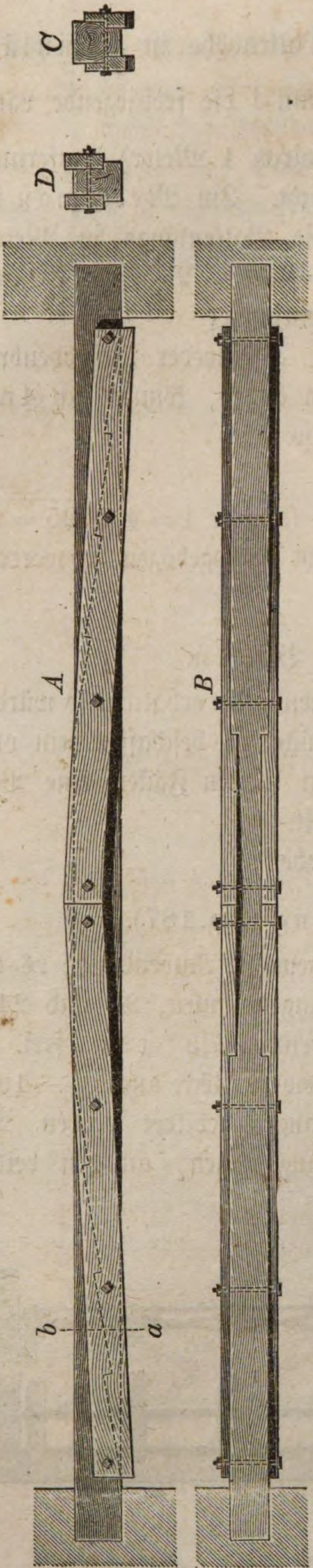


Fig. 188.

b. Durch Strebebohlen (Fig. 188 ABCD).

Hierbei wird an jeder Seite des Balkens eine Bohle in schräger Lage mittels Schraubenbolzen befestigt, und um die Verschiebung der Bohle zu verhindern, erhält diese an den Ecken eine Verzahnung. Die Balken werden $^{24}/_{29}$ cm bis $^{39}/_{31}$ cm ($^{9}/_{11}$ " bis $^{11}/_{12}$ ") stark gemacht. Des Seitenschubes wegen bleiben die Bohlen oder Halbhölzer 31 cm (1') an den Enden von der Mauer entfernt.

c. Durch das umgekehrte Sprengwerk (Fig. 189).

Der hölzerne Balken a b wird in der Mitte c durch einen kurzen Pfosten e d unterstützt; dieser ruht auf einer eisernen Platte, welche wiederum ihre Unterstützung von zwei eisernen Zugstangen erhält. Die Zugstangen sind an den Ecken des Balkens an Eisenplatten fest verbolzt.

Ist der Pfosten d höher als 62 — 77 cm ($2 - 2^1/_2$'), so werden Seitenstreben angeordnet.

Wenn P die gleichförmig vertheilte Belastung, l die Länge (a b) und α der Winkel zwischen Pfosten und Zugstange ist, so beträgt:

der Druck in der Stütze c d $= {}^5/_8$ P l,

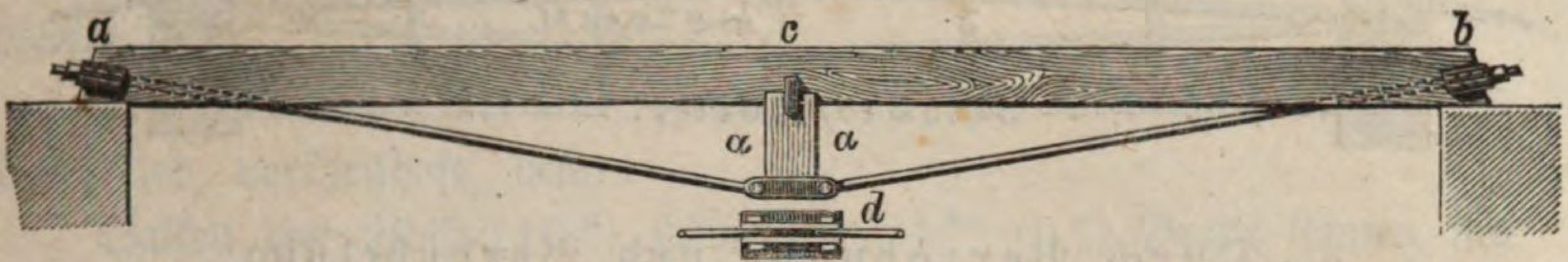
der Zug in den Zugstangen a d $= {}^5/_{16} \dfrac{P\,l}{\cos\alpha}$.

d. Durch linsenförmige Balken.

Der unpraktischen Form und sehr vielen Unbequemlichkeiten wegen findet diese Constructionsweise wenig Anwendung.

Der von Laves erfundene linsenförmige Balken bestand ursprünglich aus einem einzigen Stück Holz, welches in der Mitte aufgesägt und durch zwischengeschobene Pfosten auseinander gehalten wurde. Neuerdings wird er aus zwei Hölzern construirt, welche an den Enden verbolzt und in der Mitte mittels Pfosten und Zangen in Spannung erhalten werden.

Fig. 189.



Die Formel zur Berechnung der linsenförmigen oder gesprengten Balken lautet:

$$P = \frac{4}{3}\,\frac{b\,h}{l} \cdot \frac{3\,a^2 + 6\,a\,h + 4\,h^2}{a + 2\,h}\left(K - \frac{6\,a\,h\,E}{l^2}\right).$$

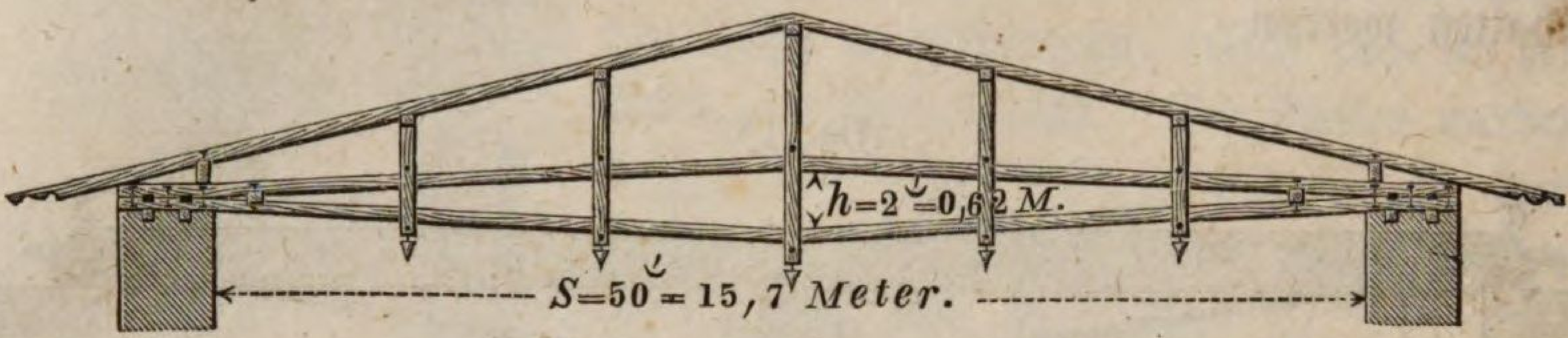
Hierbei bedeutet:

- P die gleichmäßig vertheilte Belastung in Pfunden resp. Kilogr.,
- E den Elasticitäts-Coefficienten, für Holz 1500000 Pfund pro □″ resp. 105000 Kilogr. pro □^{cm},
- K den Sicherheits-Coefficienten, für Holz 1000 Pfund pro □″ resp. 70 Kilogr. pro □^{cm},
- l die Länge in Zollen resp. Centimetern,
- h die Höhe, b die Breite } jeder der beiden Balken in Zollen resp. Centm.,
- a den größten Abstand der beiden Balken in der Mitte in Zollen oder Centimetern.

Fig. 190 zeigt die Verwendung des Laves'schen Balkens bei einem Dachbinder. In diesem durchgerechneten Beispiele sind die einzelnen Balkenhälften 15^{cm} ($5\frac{1}{2}$″) hoch und 29^{cm} (11″) breit, so daß also an den Enden die Stärke von 29^{cm} (11″) im Quadrat entsteht. Die Verschiebung der Balken an den Enden wird durch Bolzen und Keile verhindert. Die mittlere lichte Höhe beträgt 0,6^{m} (2′), oder, da die ganze Spannweite 15,7^{m} (50′) mißt, so ist $h = \frac{1}{25}$ s. Die Zangen halten die beiden Gurtungen auseinander und unterstützen gleichzeitig die Pfetten.

Derartige Dachconstructionen empfehlen sich, wenn mit geringem Holzaufwande große Räume überdeckt werden sollen, ferner keine Ansprüche auf Schönheit gemacht werden, wie z. B. bei Exercierhäusern u. s. w.

Fig. 190.



e. Durch Verzahnung und Verdübelung.

Diese Construction ist schon unter „D. Verdickung der Hölzer" (Fig. 168) erörtert.

Die Formel zur Berechnung der verdübelten oder verzahnten Balken lautet:

$$P = K \frac{b\,h^2}{l},$$

wobei man K = 1000,*) als b die Breite, h die Höhe und l die Länge annimmt; alle Maße sind entweder Zolle oder Centimeter.

Die Unterstützung der Balkenlagen.

Liegen die Balken zu weit frei, oder ist die fremde Belastung groß, so muß die Balkenlage unterstützt werden. Diese Unterstützung wird, wenn sie aus einem unterhalb der Balkenlage rechtwinklig zu derselben liegenden Holze besteht, Unterzug genannt (Fig. 191 A). Wird hingegen die Balkenlage oberhalb aufgefangen, so geschieht es durch einen Träger (Fig. 191 B).

Der Unterzug und Träger kann sowohl aus vollem Holze bestehen, als auch ein verzahnter resp. verdübelter Balken sein; bei großer freiliegender Länge und starker Belastung werden auch eiserne Constructionen angewendet. (Siehe Abtheilung IV.)

Die zu wählende Construction ist von der Oertlichkeit und den Verhältnissen abhängig; befindet sich z. B. ein Saal über einem Keller-

*) Beim Metermaße beträgt:

K = 70 Kilogramm pro □Centimeter.

geschoß, so würde es, vorausgesetzt, daß nicht ein ganz freier Raum verlangt wird, thöricht sein, wollte man zur Unterstützung der Decke ausschließlich künstlich construirte Balken und Träger wählen; vielmehr wären hier kurze Unterzüge, welche auf massiven oder eisernen resp. hölzernen Pfeilern ruhen, zu empfehlen.

Sollen über einem Saale kleinere Räume angelegt werden, so bieten die Scheidewände manchmal gleichzeitig Gelegenheit, die Deckenconstructionen aufzunehmen und zwar geschieht dies durch die gesprengten Wände.

Die Anwendung der Unterstützungen ist, zur Ersparung der starken Bauhölzer, vortheilhaft, denn:

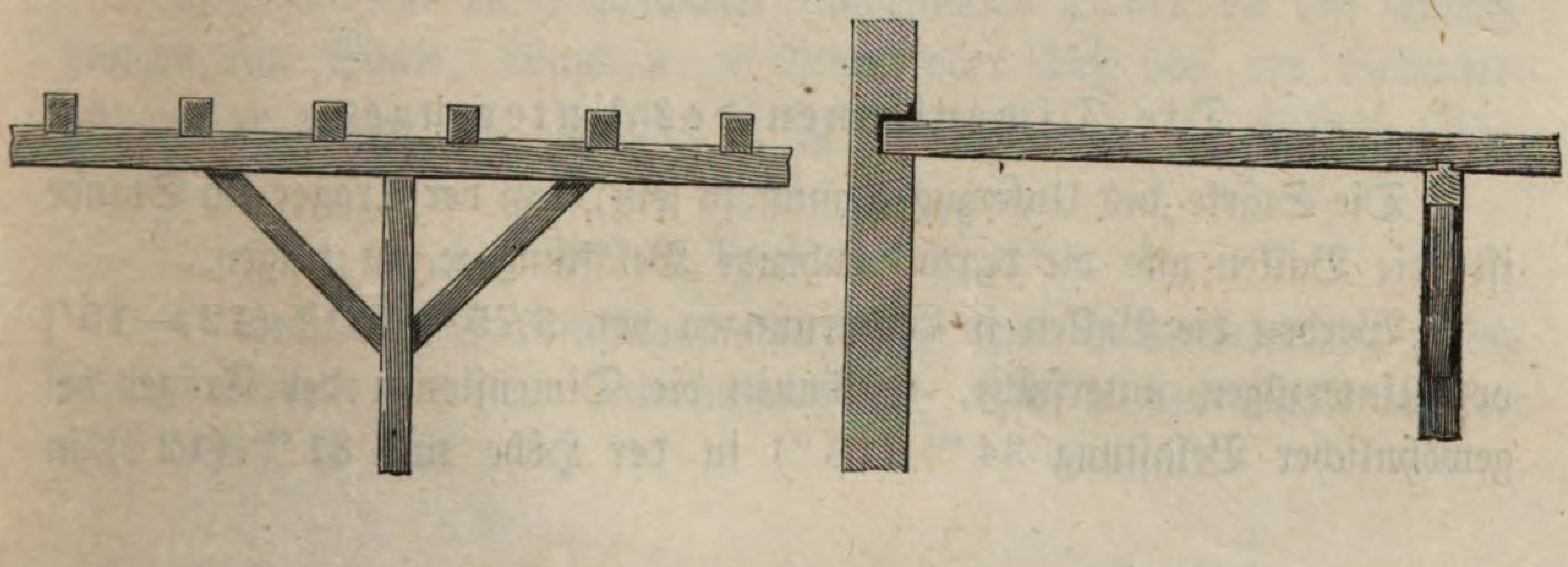
Balken von 26 cm (10″) Höhe und 24 cm (9″) Breite können sich bei mäßiger Belastung 5—5,6 m (16—18′) weit freitragen, während sie hingegen, stark belastet, in der Mitte jedenfalls noch einen Unterzug verlangen.

Balken von 24 cm (13″) Höhe, 32 cm (16″) Breite können bei mäßiger Belastung 7,5 m (24′) freiliegen, im anderen Falle müssen sie Unterstützung erhalten.

Wird nun z. B. ein 7,5 m (24′) langer Balken in der Mitte unterstützt, so bedarf er nicht die eben angegebene Stärke des freiliegenden Balkens, sondern nur, da er in Wirklichkeit 3,75 m (12′) freiliegt, circa 26 cm (10″) Höhe und 24 cm (9″) Breite.

Bei großer Länge oder starker Belastung wird der Unterzug durch eiserne oder hölzerne Säulen unterstützt (D Fig. 194). Letztere sind entweder einfach (Fig. 191) oder doppelt (Fig. 192), in welchem Falle sie den Träger umgreifen und durch mehrere Etagen reichen. Sind 2 Träger nöthig, so nimmt man die Zwischenräume am zweckmäßigsten

Fig. 191.



wie 3 : 4 : 3 an (Fig. 193). Falls die Belastung sehr groß ist, werden die Träger noch mit einem Sattelholze verbolzt und verzahnt resp. verdübelt (Fig. 194).

Fig. 192.

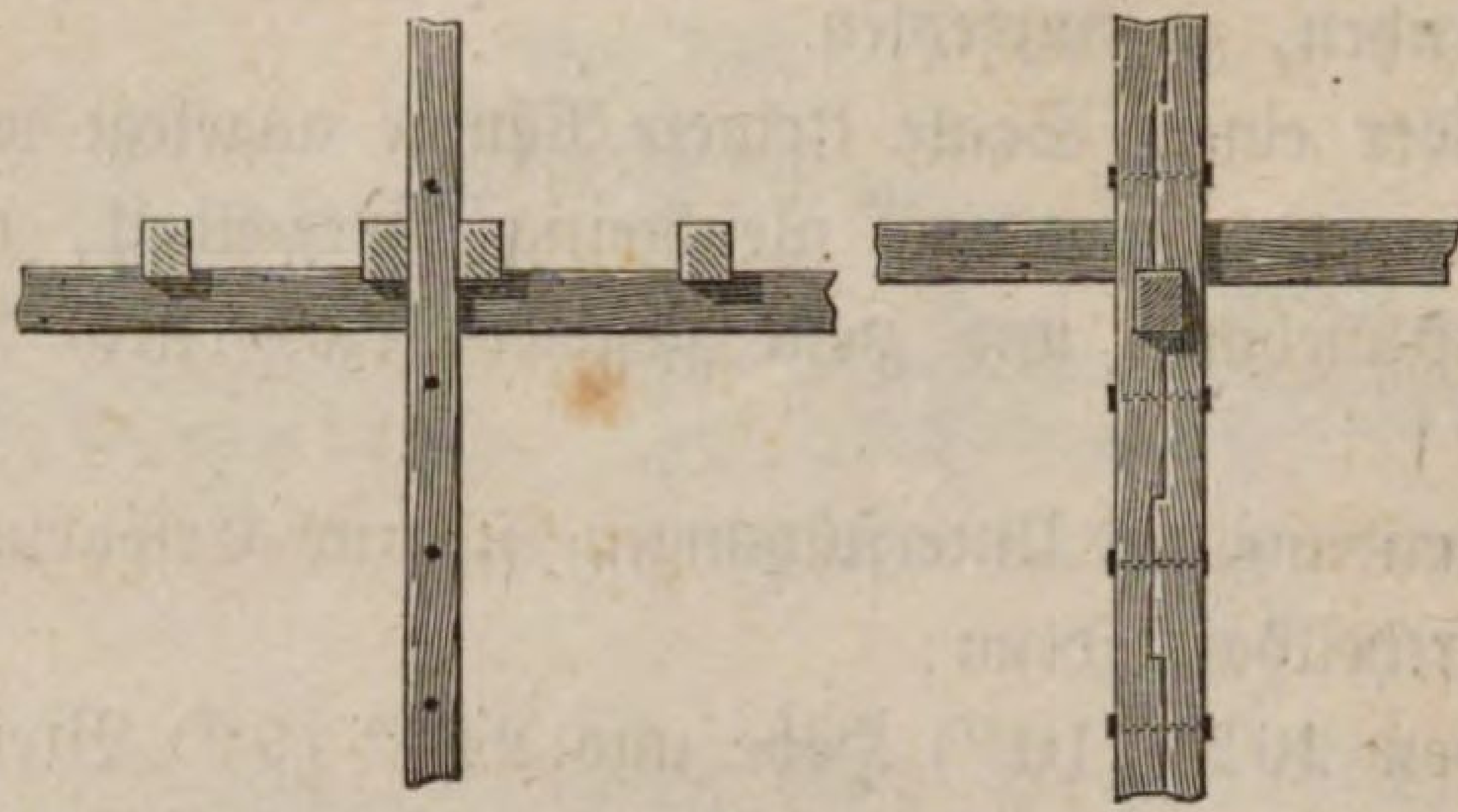


Fig. 193.

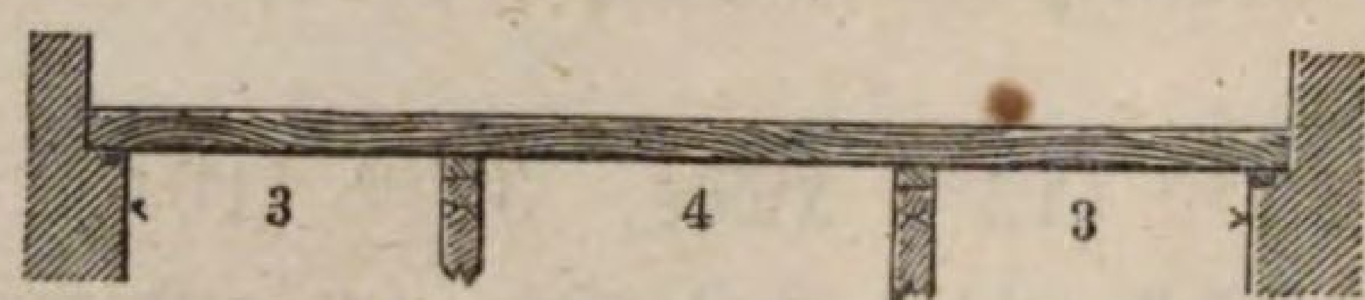
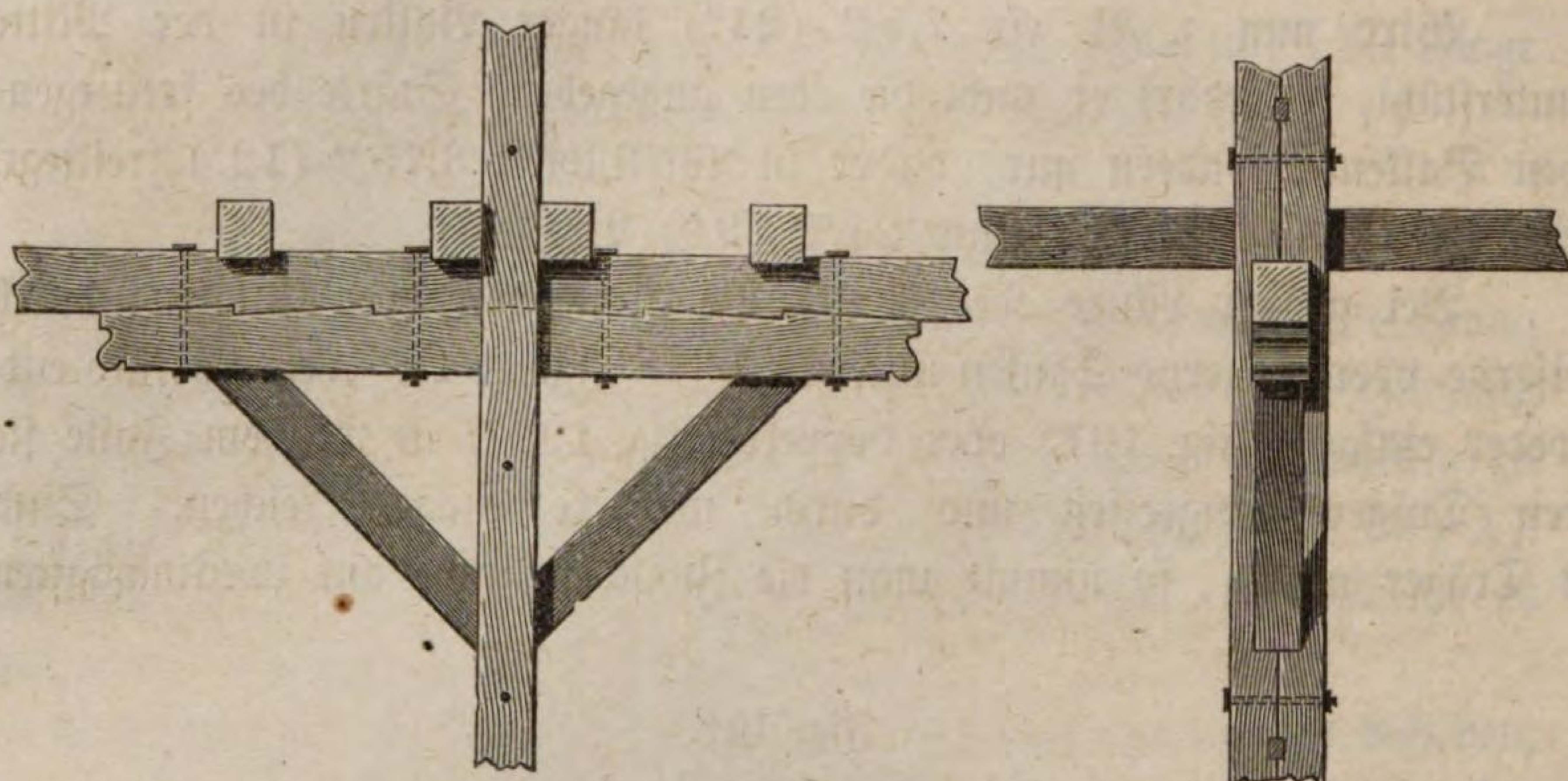


Fig. 194.



Die Dimensionen des Unterzuges.

Die Stärke des Unterzuges muß so sein, daß der Träger im Stande ist, die Balken und die darauf ruhende Belastung 2c. zu tragen.

Werden die Balken in Entfernungen von 3,75 — 5,0 m (12 — 15′) von Unterzügen unterstützt, so können die Dimensionen der Träger bei gewöhnlicher Belastung 34 cm (13″) in der Höhe und 31 cm (12″) in

der Breite betragen. Bei großer oder außergewöhnlicher Belastung pflegt man die Querschnittdimensionen des Unterzuges statisch zu berechnen, wie die nachfolgenden Berechnungen veranschaulichen.

Die Belastung der ganzen Balkenlage vertheilt sich auf die Unterstützungen (Umfassungsmauern, Säulen, Träger ꝛc.), je nach den Entfernungen derselben von einander, sehr verschiedenartig.

Benennen wir die ganze gleichmäßige Belastung mit P, die Vertheilung der Belastung auf die Unterstützungen mit D, D′ und D″, die ganze Länge des Balkens mit L, das Verhältniß der Entfernung der mittleren Unterstützungen von einer Endunterstützung zur ganzen Länge mit v L, ferner eine außerordentliche Belastung durch eine Wand oder Säule mit S und die Entfernung derselben von der Endunterstützung mit w, so haben wir:

1) für den Fall, daß die Balken in gleichen Entfernungen von den Enden unterstützt werden (Fig. 195),

$$D' = P - \frac{1 + 6v - 6v^2 - v^3}{4v(3 - 4v)},$$

$$D'' = P \cdot \frac{(1 - v)\,1 + v - v^2}{4v(3 - 4v)};$$

2) wenn die Entfernungen der 4 Unterstützungen gleich sind, also $v = \frac{1}{3} L$ (Fig. 196),

$$D' = \tfrac{2}{15} P,$$
$$D'' = \tfrac{11}{30} P;$$

Fig. 195

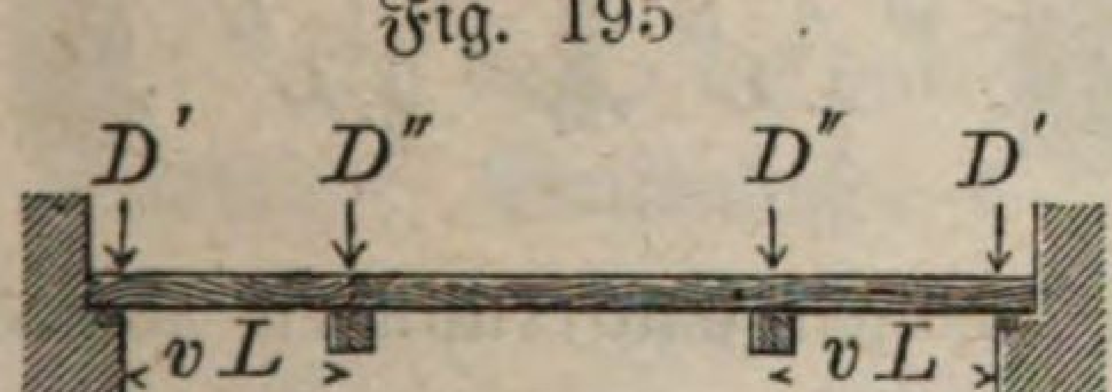
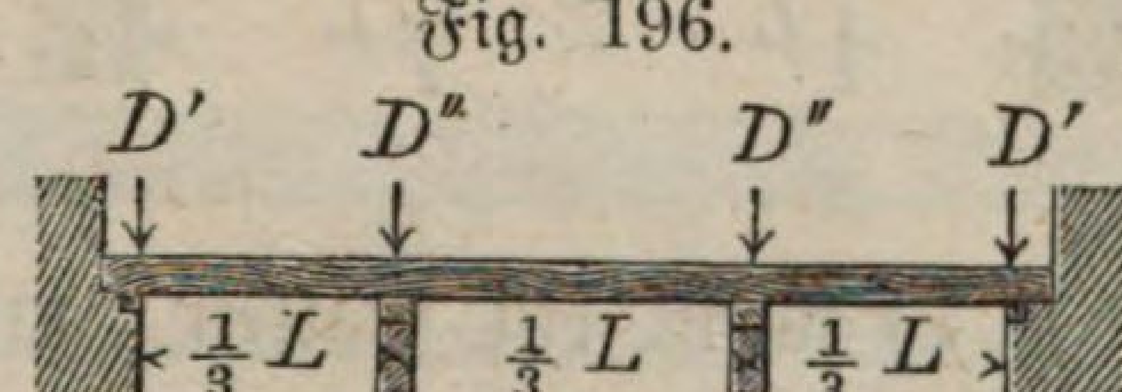


Fig. 196.



3) wenn ein 4mal gleichweit unterstützter Balken an den Endöffnungen eine Säule, Wand ꝛc. w Meter oder Fuß von der Endunterstützung zu tragen hat, so ist $v = \frac{1}{3} L$ und $w = \frac{1}{6} L$, ist (Fig. 197):

$$D' = \tfrac{2}{5} S + \tfrac{2}{15} P,$$
$$D'' = \tfrac{3}{5} S + \tfrac{11}{30} P;$$

4) wenn der Balken 3mal unterstützt, die Balkenbelastung gleichmäßig vertheilt und die Unterstützung sich nicht in der Mitte befindet (Fig. 198), so ist:

$$D' = {}^1/_8\, P \,\frac{v^2 + 3v - 1}{v},$$

$$D'' = {}^1/_8\, P \,\frac{v^2 - 5n + 3}{1 - v},$$

$$D''' = {}^1/_8\, P \,\frac{-v^2 + v + 1}{v\,(1 - v)};$$

Fig. 197.

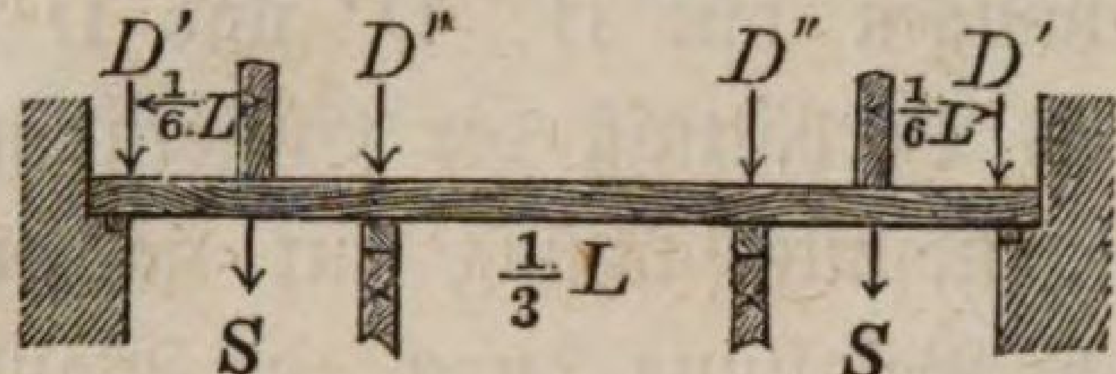
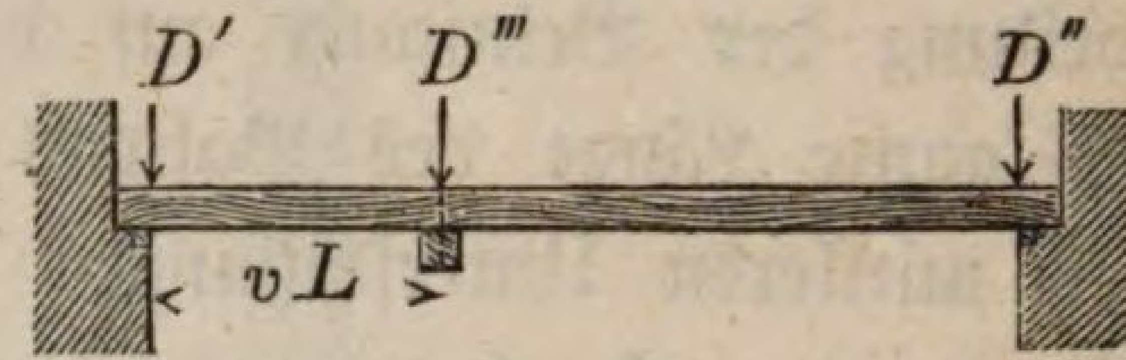


Fig. 198.



5) wenn sich die Unterstützung in der Mitte befindet, also $v = {}^1/_2\, L$ ist (Fig. 199), so ist:

$$D' = D'' = {}^3/_{16}\, P,$$
$$D' = {}^5/_8\, P;$$

6) wenn bei einer Unterstützung in der Mitte noch eine außerordentliche Belastung durch eine Säule, Wand &c. in der Entfernung von w Fuß oder Meter, von den Endunterstützungen vorhanden ist (Fig. 200), so daß $w = {}^1/_4\, L$ und $v = {}^1/_2\, L$ wird, so ist:

$$D' = D'' = {}^1/_4\, S + {}^3/_{16}\, P,$$
$$D = 1^1/_2\, S + {}^5/_8\, P;$$

Fig. 199.

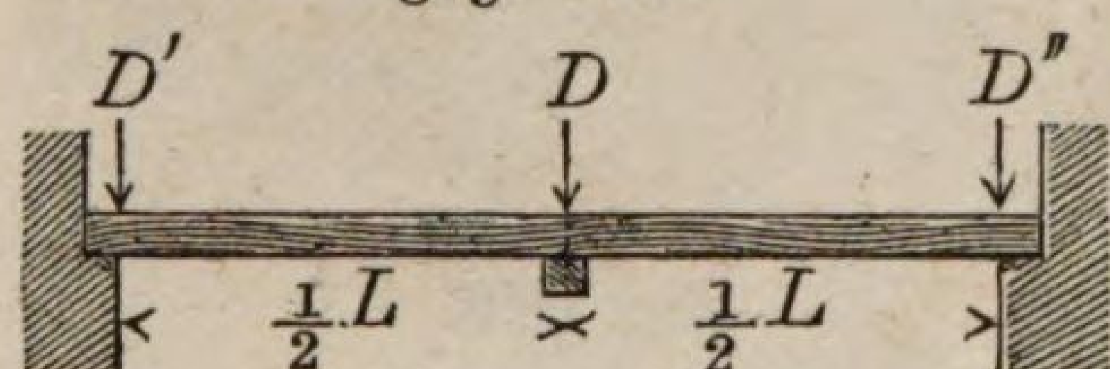
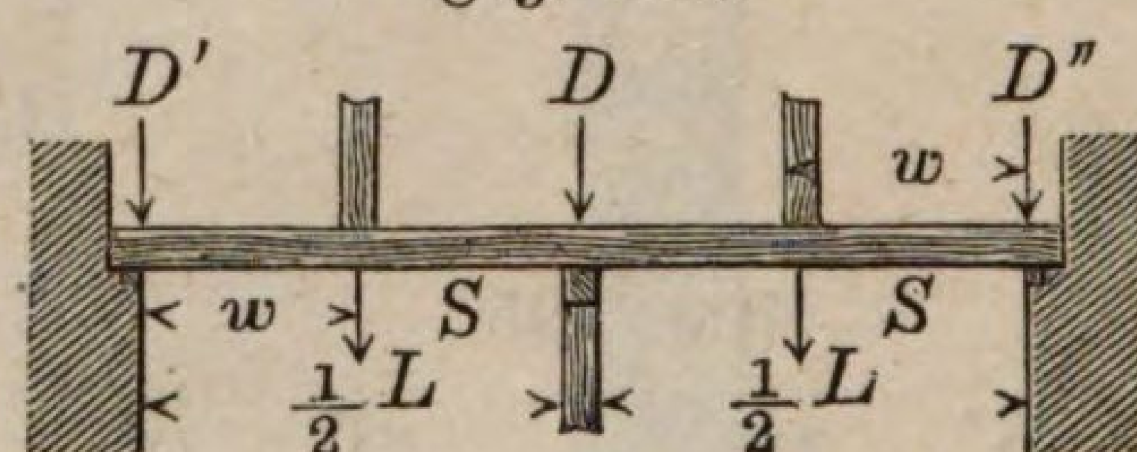


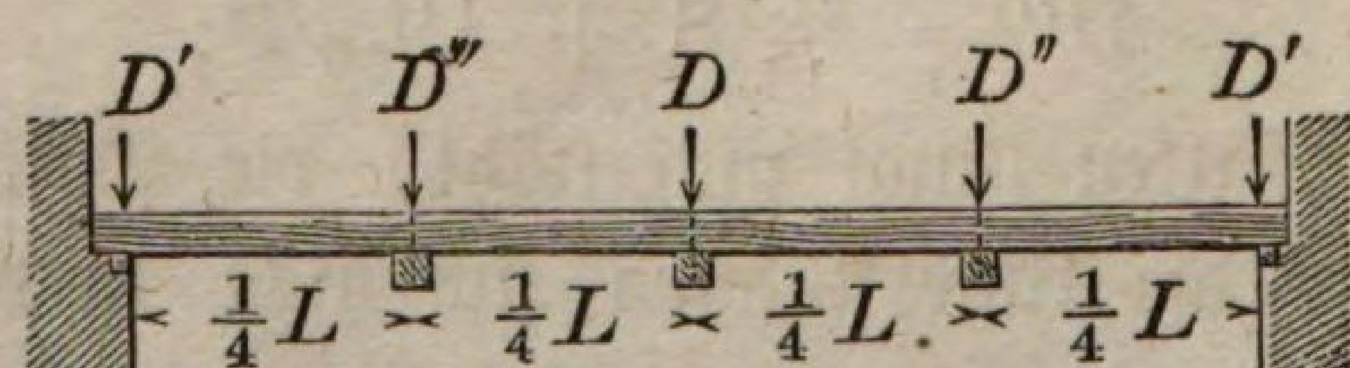
Fig. 200.



7) wenn ein Balken 5mal in gleichmäßigen Entfernungen unterstützt wird, so daß also $v = {}^1/_4\, l$ ist (Fig. 201):

$$D' = {}^{11}/_{112}\, P,$$
$$D'' = {}^{32}/_{112}\, P,$$
$$D = {}^{26}/_{112}\, P.$$

Fig. 201.



Aufgabe. Ein Träger sei 48' = 15^{m} lang, die Belastung von 90000 Pfd. sei gleichmäßig vertheilt, und der ganze Träger werde, wie bei 7, unterstützt (Fig. 202); wie groß sind die Pressungen auf die Unterstützungen?

$$D' = \frac{11}{112} B$$

$$= \frac{11}{112} \cdot 90000 = 8839 \text{ Pfd.},$$

$$D'' = \frac{32}{112} B$$

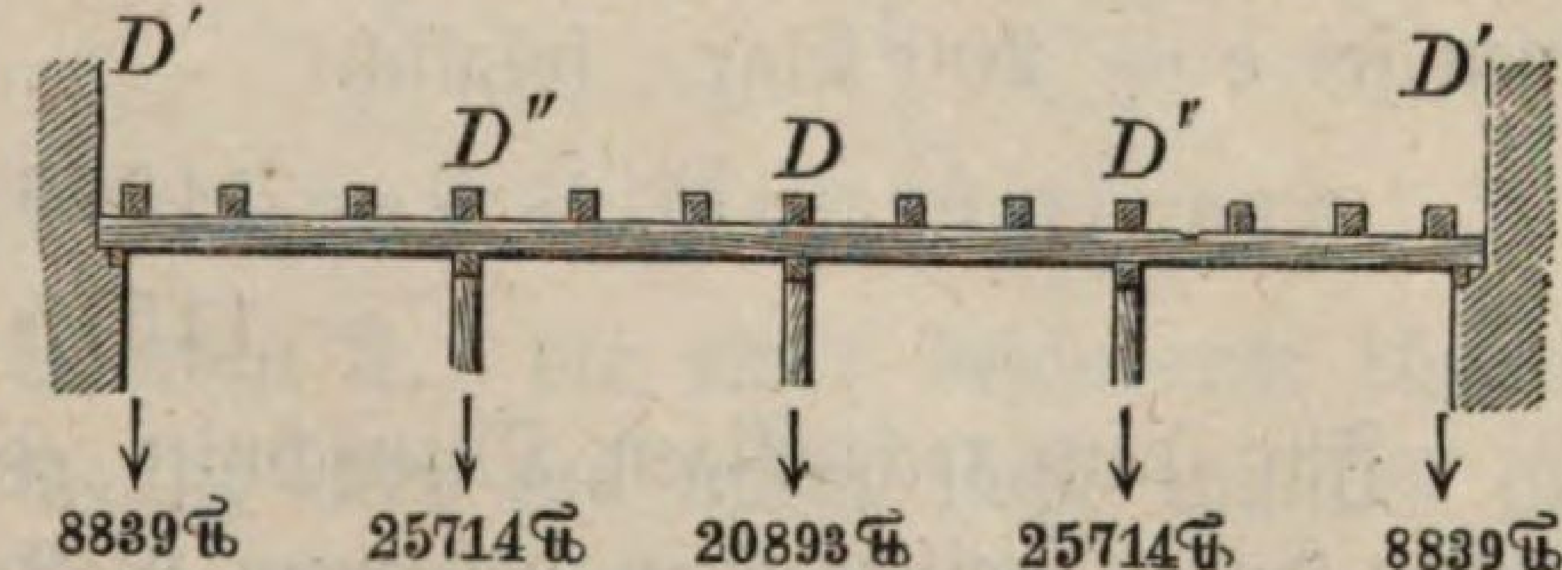
$$= \frac{32}{112} \cdot 90000 = 25714 \text{ Pfd.},$$

$$D = \frac{26}{112} B$$

$$= \frac{26}{112} \cdot 90000 = 20893 \text{ Pfd.}$$

Daraus ist leicht ersichtlich, daß die Stützen unter D'' stärker im Querschnitt sein müssen, als diejenigen bei D.

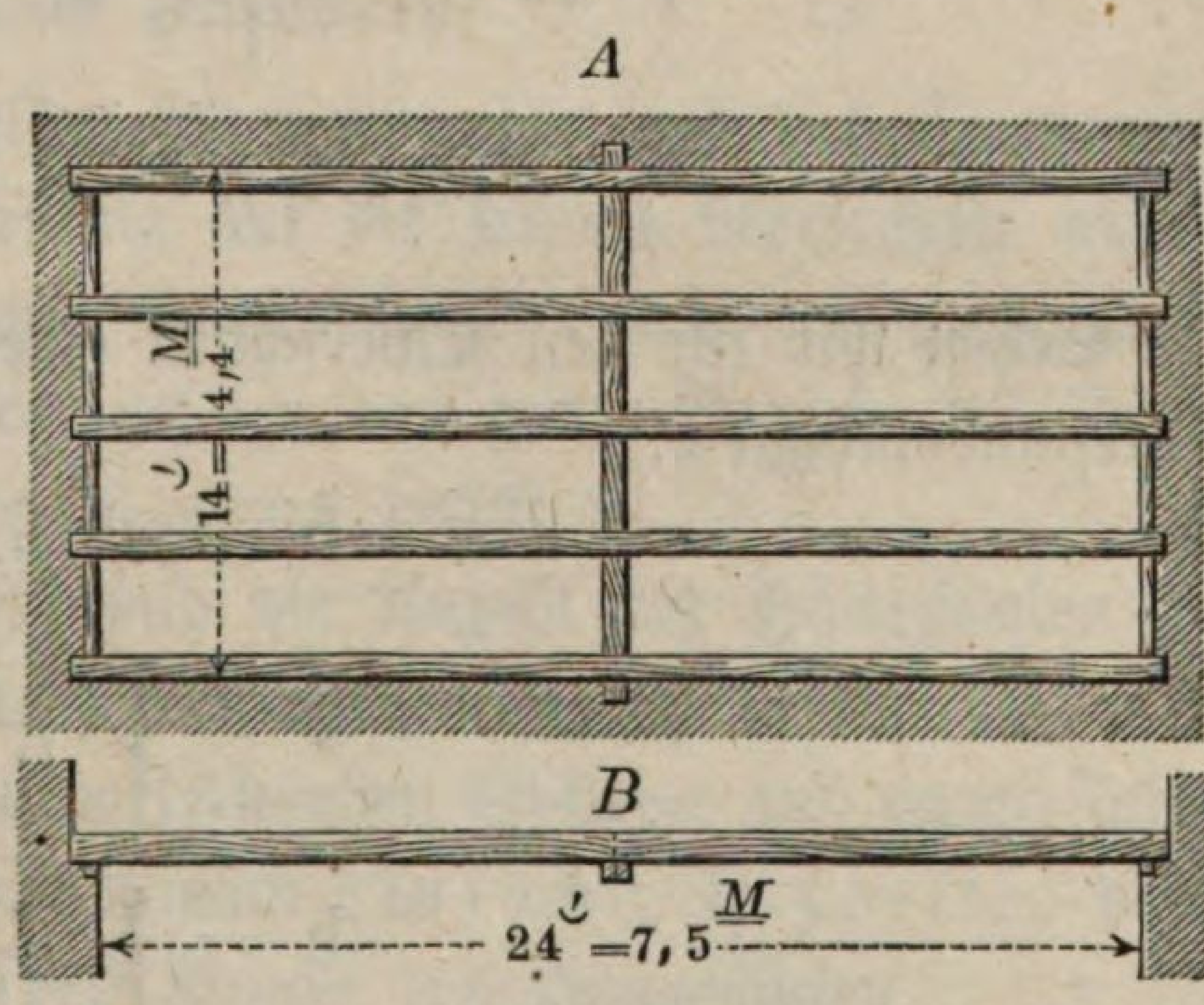
Fig. 202.



Aufgabe. Wie stark muß ein Träger aus vollem Holze gemacht werden, wenn er 4^{m} frei liegt, die darüber befindliche Balkenlage 4^{m} breit und 7^{m} lang ist?

Das Eigengewicht des Balkens betrage pro □^{m} 250 Klgr., die zufällige Belastung pro □^{m} 400 Klgr. (Fig. 203 A und B).

Fig. 203.



Auflösung. Wir nehmen an, daß der Unterzug in der Mitte der Balkenlage sich befinde, ferner daß die Balken auf dem Unterzuge nicht gestoßen werden und es sei:

E das Eigengewicht der ganzen Balkenlage in Kilogr.,
z die zufällige Belastung der ganzen Balkenlage desgl.,
e das Eigengewicht des Trägers in Kilogr.,
a die Breite des ganzen Raumes = 4 m,
L die Länge desselben = 7 m,
l die Länge des Trägers = 4 m.

Demnach ist:

$$E = a. L. 250 \text{ Klgr.} = 4. 7. 250 = 7000 \text{ Klgr.},$$
$$z = a. L. 400 \text{ Klgr.} = 4. 7. 400 = 11200 \text{ Klgr.},$$

also die ganze Belastung

$$P = E + z = 7000 + 11200 = 18200 \text{ Klgr.}$$

Nach 5 vertheilt sich die Belastung auf den Unterzug

$$D = \frac{5}{8} P = \frac{5}{8} \cdot 18200 = 11375 \text{ Klgr.}$$

Hierzu kommt noch das Eigengewicht (e) des Trägers, angenommen sei e = 200 Klgr., folglich

$$D + e = 11375 + 200 = 11575 \text{ Klgr.}$$

Für den rechteckigen Querschnitt eines gleichmäßig belasteten, an beiden Enden freiliegenden hölzernen Balkens gaben wir die Formel:*)

$$P = 0{,}1 \frac{h b^2}{l} = 0{,}1 \frac{b h^2}{4},$$

$$\text{oder } b h^2 = \frac{11575}{0{,}1}.$$

Setzen wir für den Querschnitt eines Balkens mit möglichst großer Widerstandsfähigkeit:

$$b = \frac{5}{7} h,$$

$$\text{so haben wir } h = \sqrt[3]{\frac{P}{0{,}07}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{11575}{0{,}07}}$$

---

*) Auf Seite 84 in der Anmerkung.

$$h = \underline{54} \text{ Centimeter,}$$
$$b = \tfrac{5}{7} \cdot 54$$
$$= \underline{39} \text{ Centimeter.}$$

Beim Projectiren kann man in gewöhnlichen Fällen nachstehende Tabelle für die Stärke der Träger zu Grunde legen; die Belastung ist dabei pro lfd. $^1/_3{}^{m}$ (1′) angenommen.

Stärke.		$3{,}45^{m} = 10'$	$3{,}7^{m} = 12'$	$4{,}4^{m} = 14'$
Centimeter.	Zolle.	freiliegend.	freiliegend.	freiliegend.
26 à 26	10 à 10	347 Pfd.	341 Pfd.	177 Pfd.
26 à 29	10 à 11	420 Pfd.	292 Pfd.	214 Pfd.
26 à 32	10 à 12	500 Pfd.	347 Pfd.	255 Pfd.
29 à 29	11 à 11	462 Pfd.	321 Pfd.	236 Pfd.
29 à 32	11 à 12	550 Pfd.	382 Pfd.	280 Pfd.
32 à 32	12 à 12	600 Pfd.	416 Pfd.	306 Pfd.

Die Hänge- und Sprengwerks-Constructionen.

Bei Decken, Dächern, Wänden 2c., die einer besonderen Unterstützung bedürfen, deren Anbringung aber von unten nicht thunlich ist, wendet man Spreng- und Hängewerke mit Vortheil an.

1. Das Hängewerk.

Dieses wird über den Balken so angebracht, daß das Eigengewicht und die vertheilte fremde Belastung auf die Enden übertragen werden, wodurch alsdann der horizontale Strebenschub durch den Hängewerksbalken aufgefangen wird, und demzufolge das ganze Gewicht des Hängewerkes vertikal auf die Endunterstützungen drückt.

Die Größe des Hängewerks und die Anzahl der Hängesäulen wird nach Länge des Hängewerksbalkens bestimmt.

Fig. 204 — 210 zeigen die verschiedenen Systeme und deren Zusammensetzungen. Man unterscheidet danach einfache, doppelte, dreifache 2c. Hängewerke, je nach der Anzahl der Hängesäulen.

Das einfache Hängewerk besteht aus den Streben, dem Hängebalken und der Hängesäule; das doppelte hingegen hat 2 Hängesäulen und

Fig. 204 und 205.

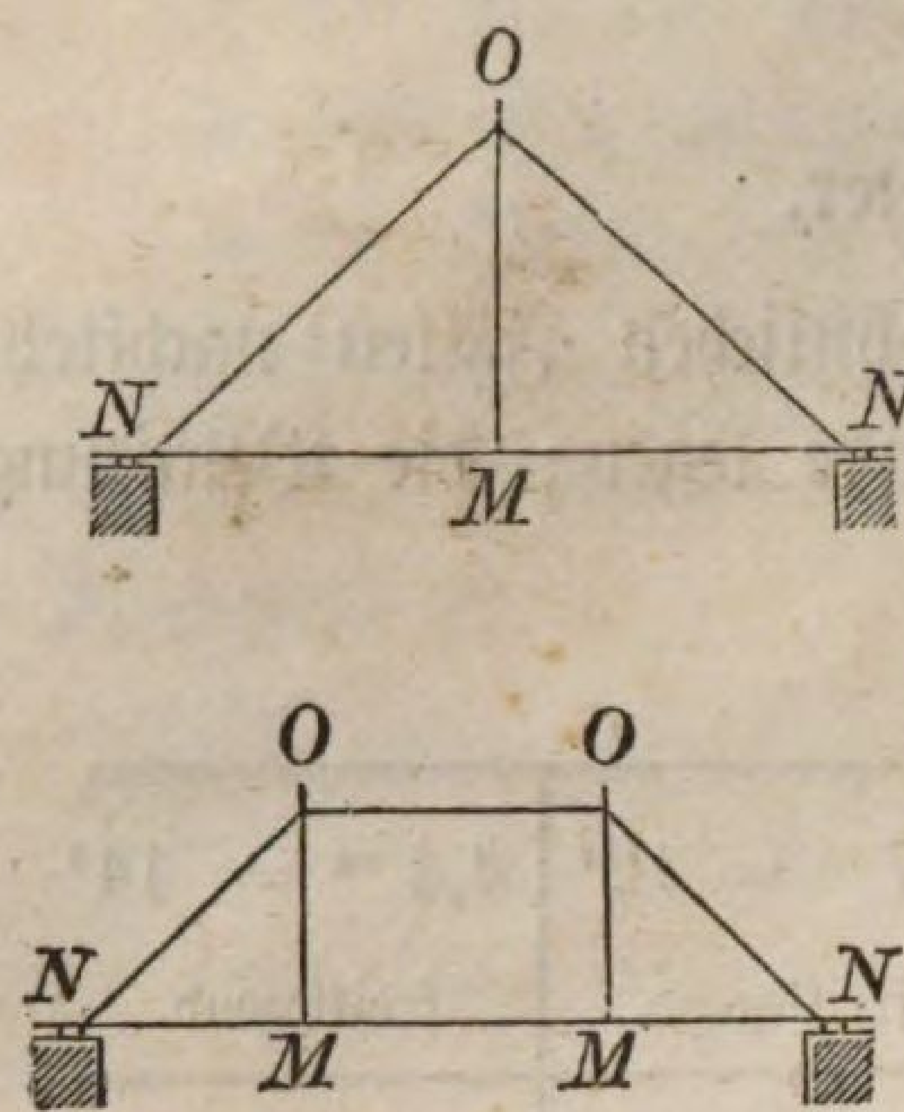


Fig. 206—208.

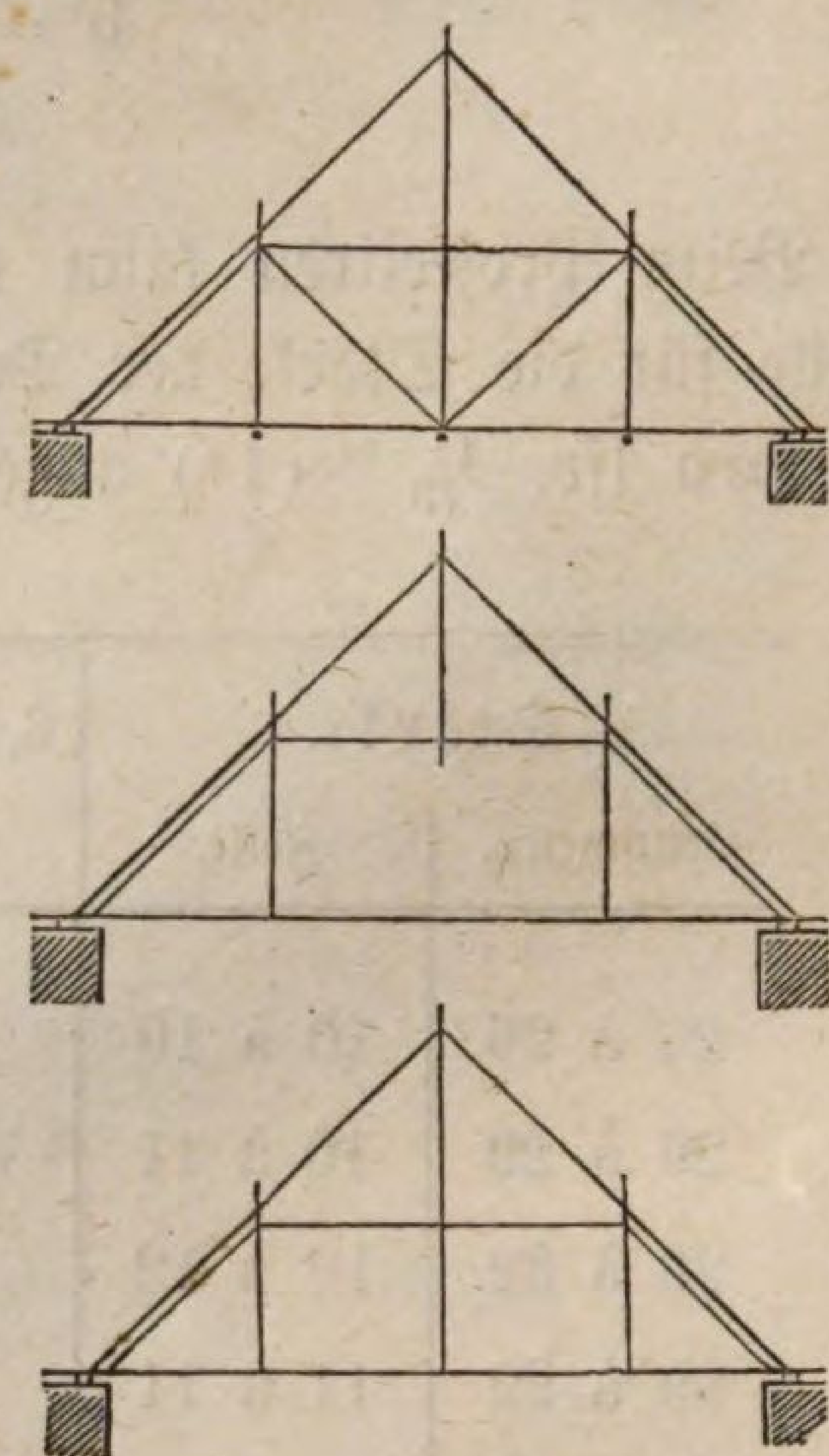
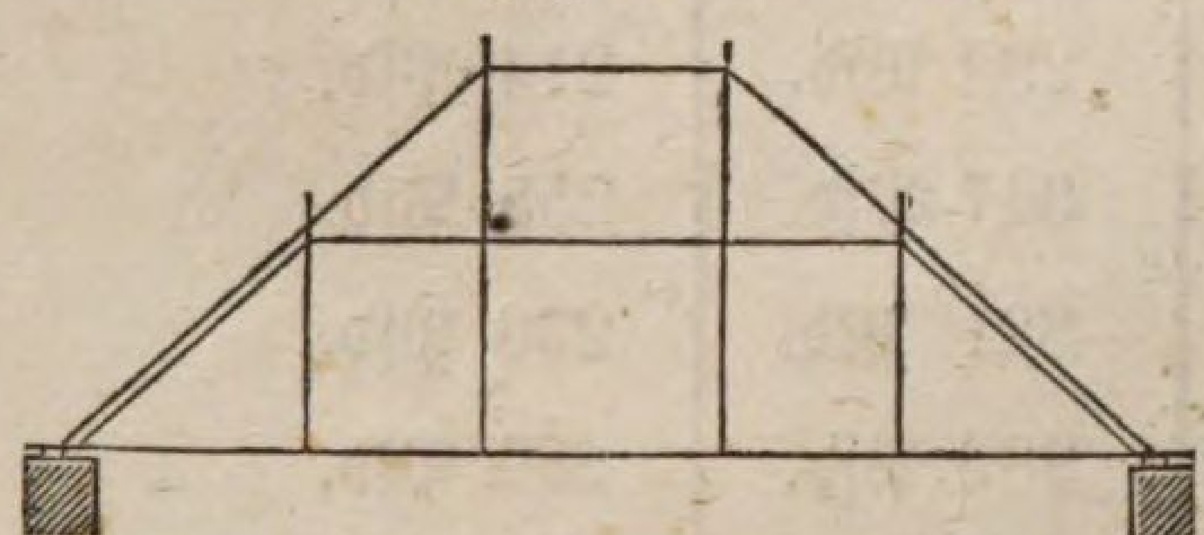
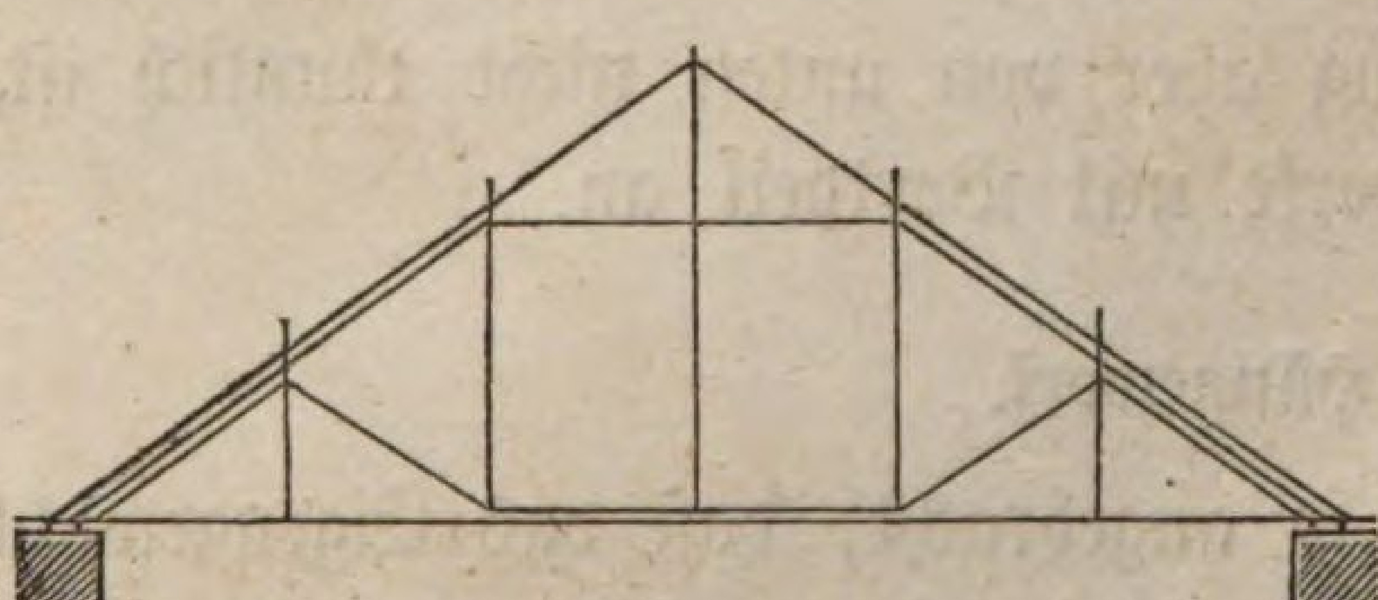


Fig. 209.



außerdem noch einen Spannriegel, welcher die Säule in gehöriger Entfernung und Verspannung hält. Die Last, welche auf dem Hängebalken ruht, wird von der Hängesäule auf die Streben übertragen, und diese pflanzen den Druck wiederum auf die Enden des Balkens fort.

Fig. 210.



Im Hochbau finden die Hängewerke bei den Dächern, schwebenden Wänden (D Fig. 209) und bei weitschwebenden Decken (Fig. 211 und 212) Anwendung. Im letzteren Falle liegt das Hängewerk in der Regel rechtwinklig zur Balkenlage und der Hängewerksbalken dient dann als Träger resp. Unterzug der sämmtlichen Balken. Der Hängewerksbalken kann entweder über der Balkenlage (Fig. 211) als Träger liegen, wobei die Balken an ihm anhängen, oder auch er befindet sich u n t e r der Balkenlage als Unterzug, und dient den Balken als Auflager. Die letzte Anordnung findet man am häufigsten, da dadurch die Decke in mehrere große Felder zerfällt, welche sich bedeutend besser decoriren lassen, als die langen schmalen Felder in Fig. 211.

Fig. 211.

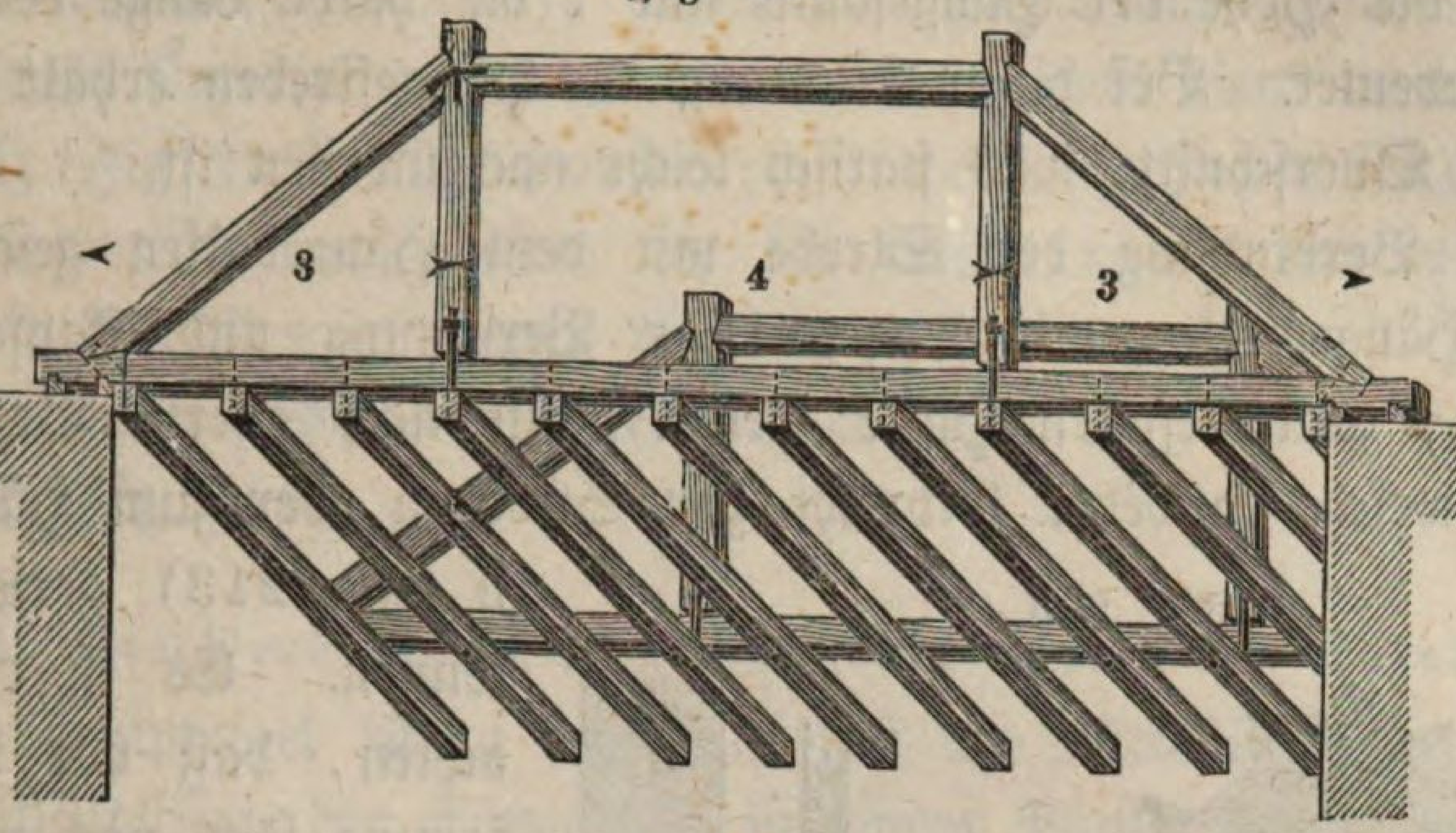


Fig. 212.

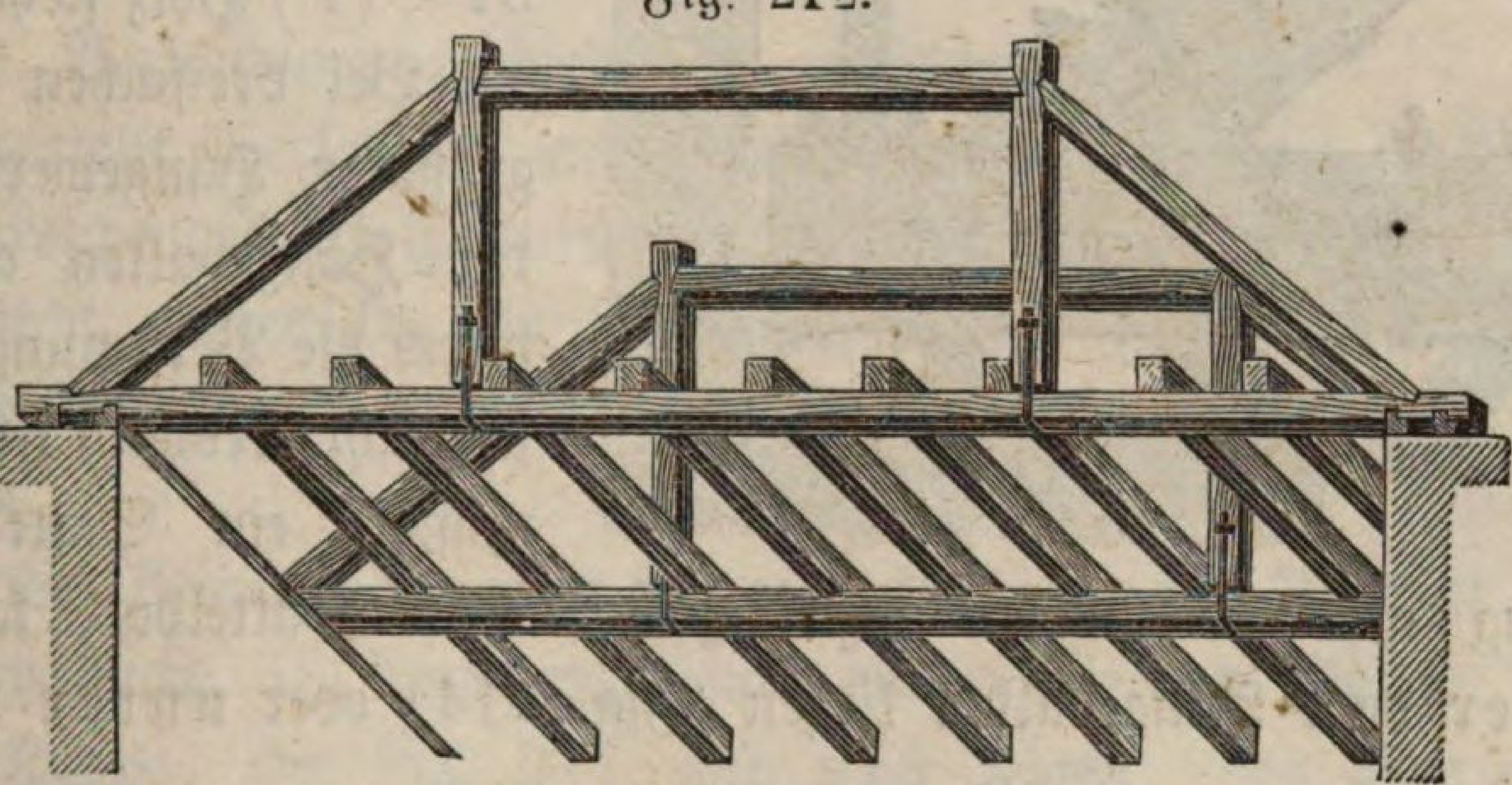


Fig. 213.

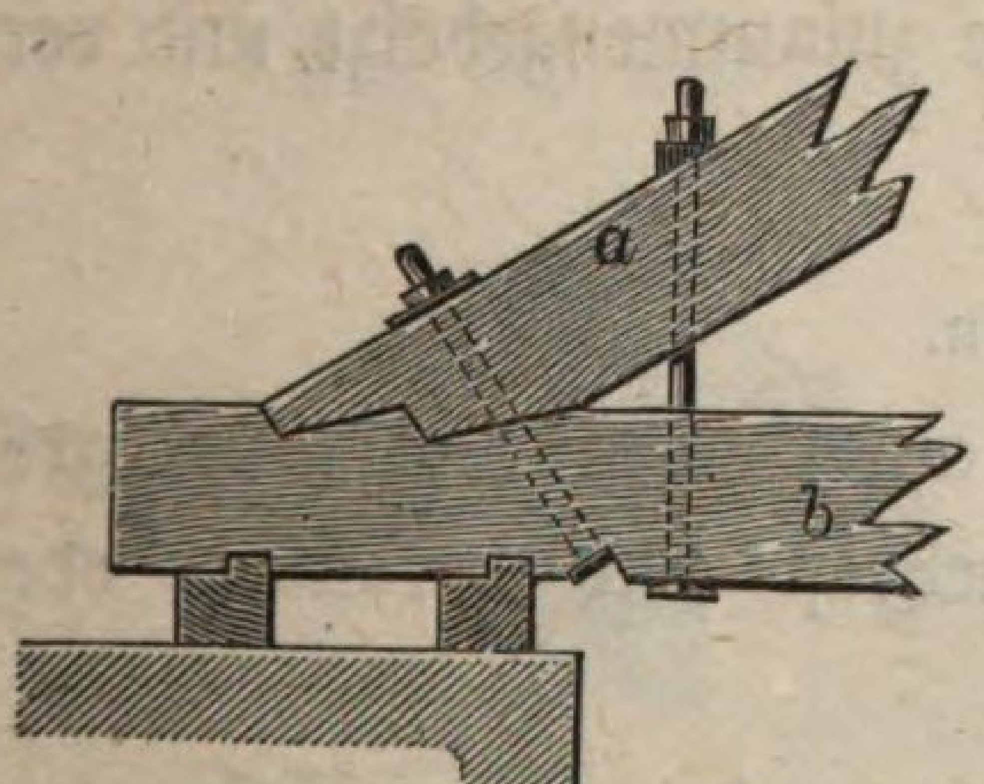
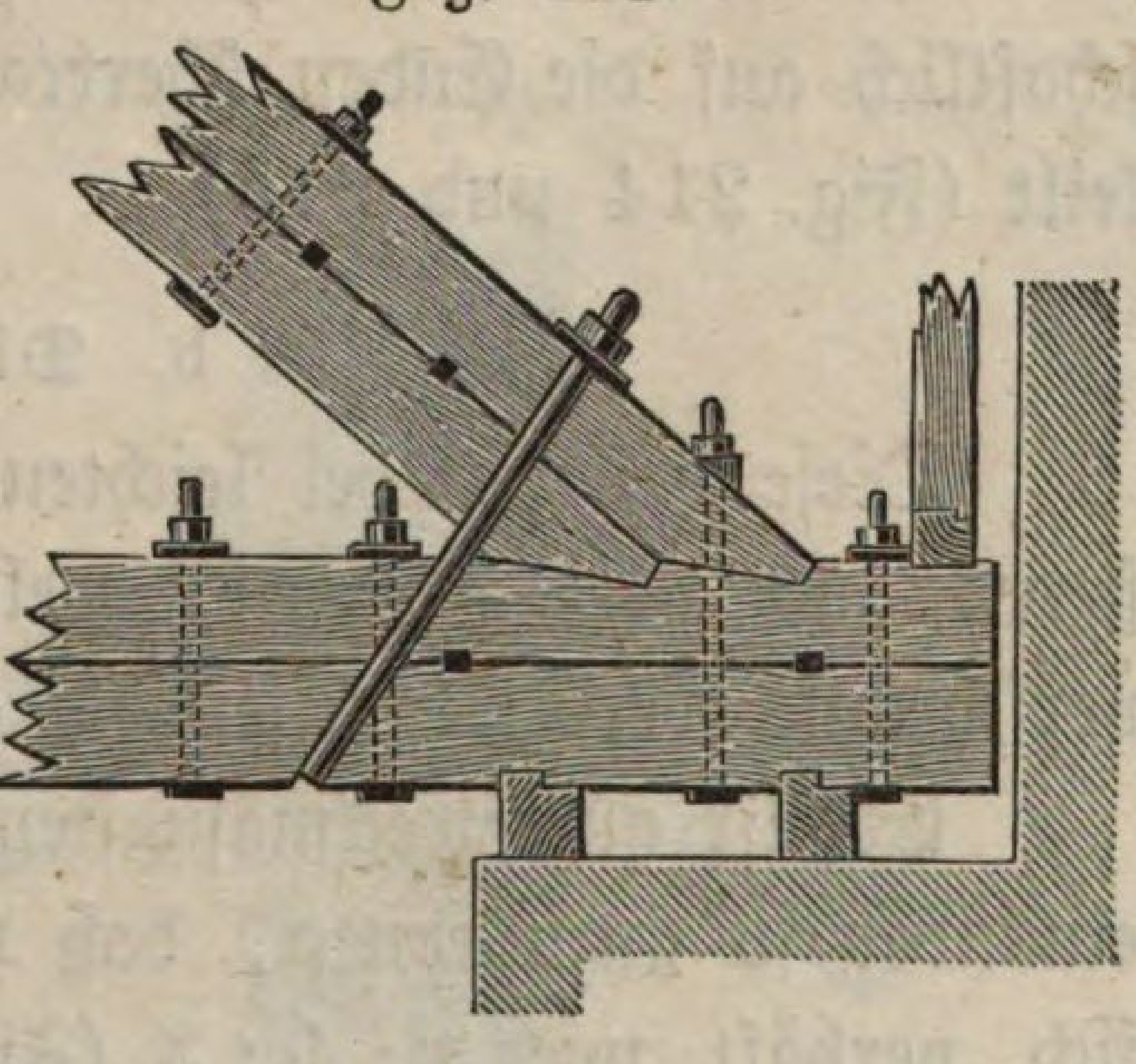


Fig. 214.



a. Die Hängewerksstreben.

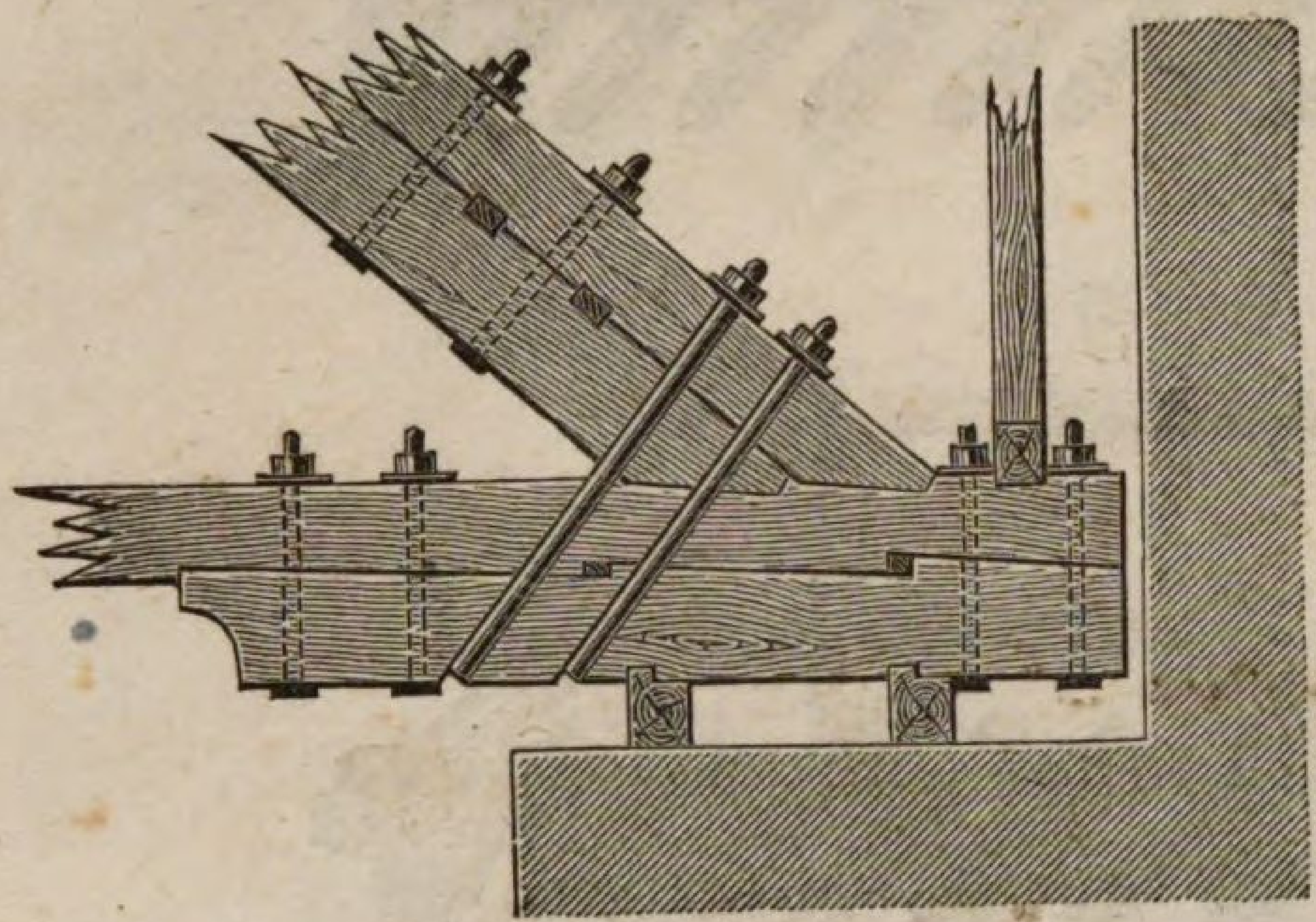
Die vortheilhafteste Richtung der Streben ergiebt ein Neigungswinkel von 41 ° 40 Minuten (Winkel zwischen Strebe und Hängebalken); dieser Winkel entsteht bei einem einfachen Hängewerke, wenn

$$H = 1 \cdot \sqrt{1/_2} = 0{,}7 \cdot 1 \text{ ist,}$$

wobei H die Höhe der Hängesäule und l die halbe Länge des Hängebalkens bedeutet. Bei dieser Richtung der Hängestreben erhält man den geringsten Querschnitt, was statisch leicht nachzuweisen ist.

Die Verbindung der Strebe mit dem Hängebalken geschieht bei leichten Hängewerken mit doppelter Versatzung und Zapfen (siehe Fig. 161); zum besseren Halte dienen dann noch eiserne Bolzen oder Bänder, welche entweder lothrecht zur Strebe a oder zum Hängebalken b (Fig. 213) gerichtet sein können. Es ist darauf zu achten, daß vor der Versatzung stets noch mindestens 31 cm (1′) Holz stehen bleibe.

Fig. 215.



Bei dreifachen und noch größeren Hängewerken wird der Hängebalken am Ende durch die Versatzung sehr geschwächt, deshalb ist es zweckmäßig, ein Sattelholz zur Verstärkung an den Enden anzubolzen. Das Sattelholz kann entweder über dem Hängebalken liegen (Fig. 214) oder unter demselben (Fig. 215).

Damit die doppelten resp. dreifachen Streben den Schub gemeinschaftlich auf die Enden übertragen, werden sie zusammengebolzt und verkeilt (Fig. 214 und 215).

b. Die Hängesäulen.

Diese bestehen bei leichten Hängewerken aus einem Holz, bei größeren aus zwei Hölzern, welche zusammengebolzt und verdübelt oder verschränkt werden müssen.

Es ist am zweckmäßigsten, die Entfernungen der Hängesäulen von einander so anzuordnen, daß die Mittelöffnung zu den Seitenöffnungen sich verhält wie 3 : 4 : 3 (Fig. 211), damit der Hängebalken gleiche Widerstandskraft besitze.

c. Die Hängewerksbalken.

Dieselben werden ganz wie die Träger behandelt.

Sind lange Balken nicht vorhanden, so können zwei kürzere Balken, mit schrägem Hakenkamm und Keilen (Fig. 149), oder Stoß mit

eisernen Schienen (Fig. 146), unter der Hängesäule gestoßen werden. Zur besseren Unterstützung der verbundenen Stücke dient dann noch ein Sattelholz (Fig. 222). Falls außerordentliche Dimensionen für die Hängeträger erforderlich sind, gelten die bei den verzahnten und verdübelten Balken gegebenen Regeln.

Die Enden des Hängebalkens kann man noch durch Sattelhölzer verstärken (Fig. 215).

d. Die Verbindung der Hängesäule mit der Strebe.

Als Hauptregel ist zu beachten, daß die Mittellinien der Streben mit der Mittellinie der Hängesäule in einem Punkte sich schneiden müssen (Fig. 216).

Fig. 216.



Die Verbindung geschieht bei einfachen Hängewerken mittelst Versatzung und Zapfen; es muß aber noch hinreichendes Holz darüber bleiben, damit die Strebe nicht ausrutscht; ein Umklammern der Hängesäule und der Streben durch ein Eisenband ist stets zu rathen.

Ist bei kleinen, einfachen Hängebänken über den Streben nur wenig Holz vorhanden, so kann man mit einem eisernen Schuh oder einer eisernen Kappe, wie Fig. 217 und 218 zeigen, das Wegrutschen der Streben verhindern.

Fig. 217 und 218.

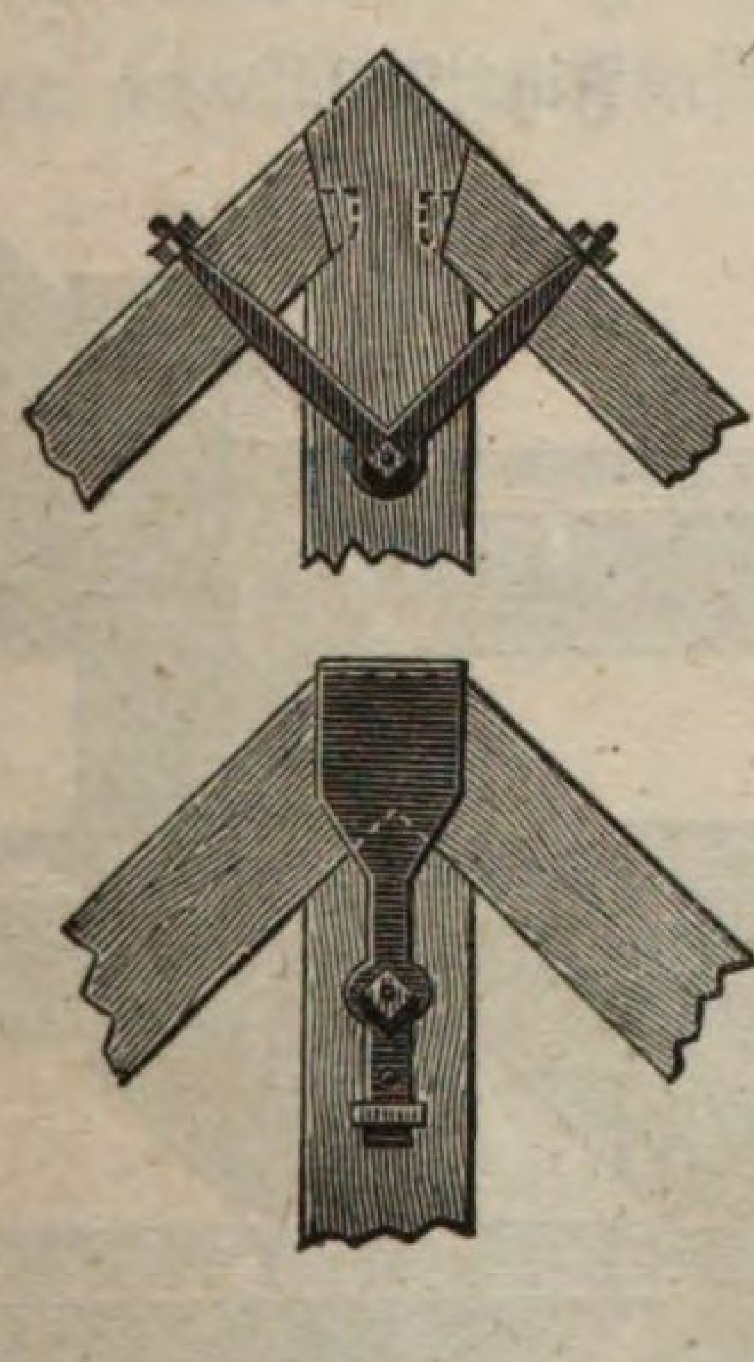
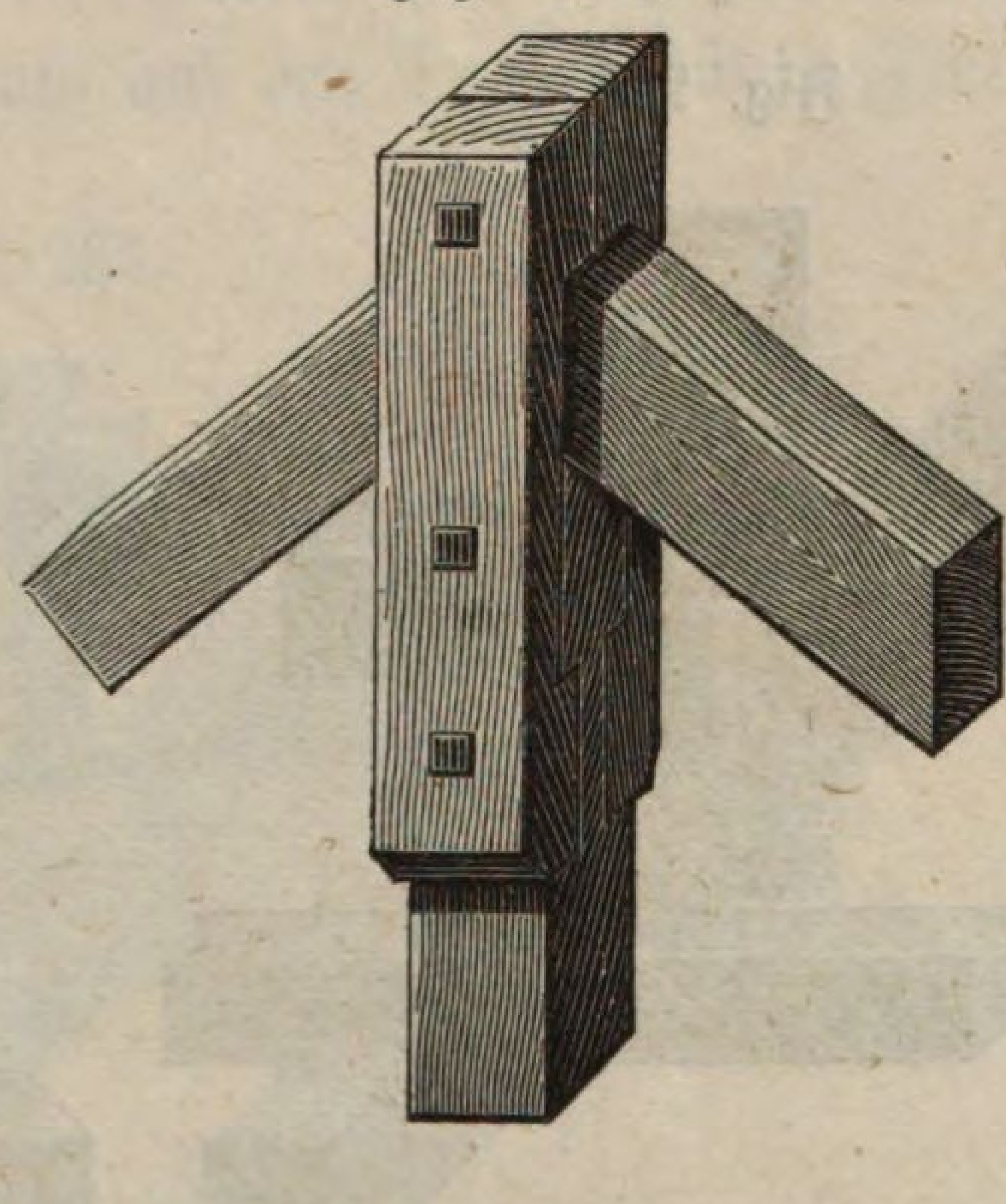


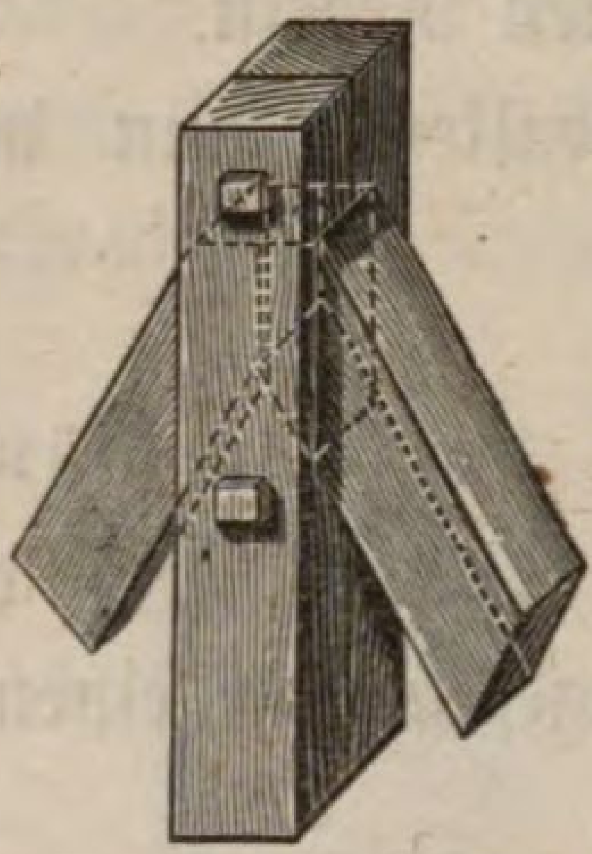
Fig. 219.



Bei größeren Hängewerken, deren Streben bedeutende Breiten erhalten, wird die Verbindung mit Versatzung schwieriger, und wäre in

diesem Falle ein doppelter Kopf (Fig. 219) zu empfehlen. Ist aber eine doppelte Hängesäule vorhanden, so umgreift diese die Streben (Fig. 220).

Fig. 220.



e. Die Verbindung der Hängesäule mit den Hängebalken.

Wie schon oben bemerkt, liegt der Hängebalken entweder oberhalb oder unterhalb der Balkenlage, wonach die betreffenden Befestigungsarten sich richten. Diese hängen aber noch davon ab, ob die Hängesäulen einfach oder doppelt sind. Stets ist die Hauptregel zu beachten, daß die Hängesäule mindestens $2^1/_2$ cm (1″) vom Hängebalken entfernt bleiben muß, damit beim Senken des ganzen Hängewerkes der Hängebalken nicht belastet resp. durchgebogen werde.

Fig. 221 und 222 zeigen die Verbindung einer einfachen Hängesäule mit dem Hängewerksbalken, in beiden Fällen dient der Hängebalken als Unterzug.

Fig. 221.

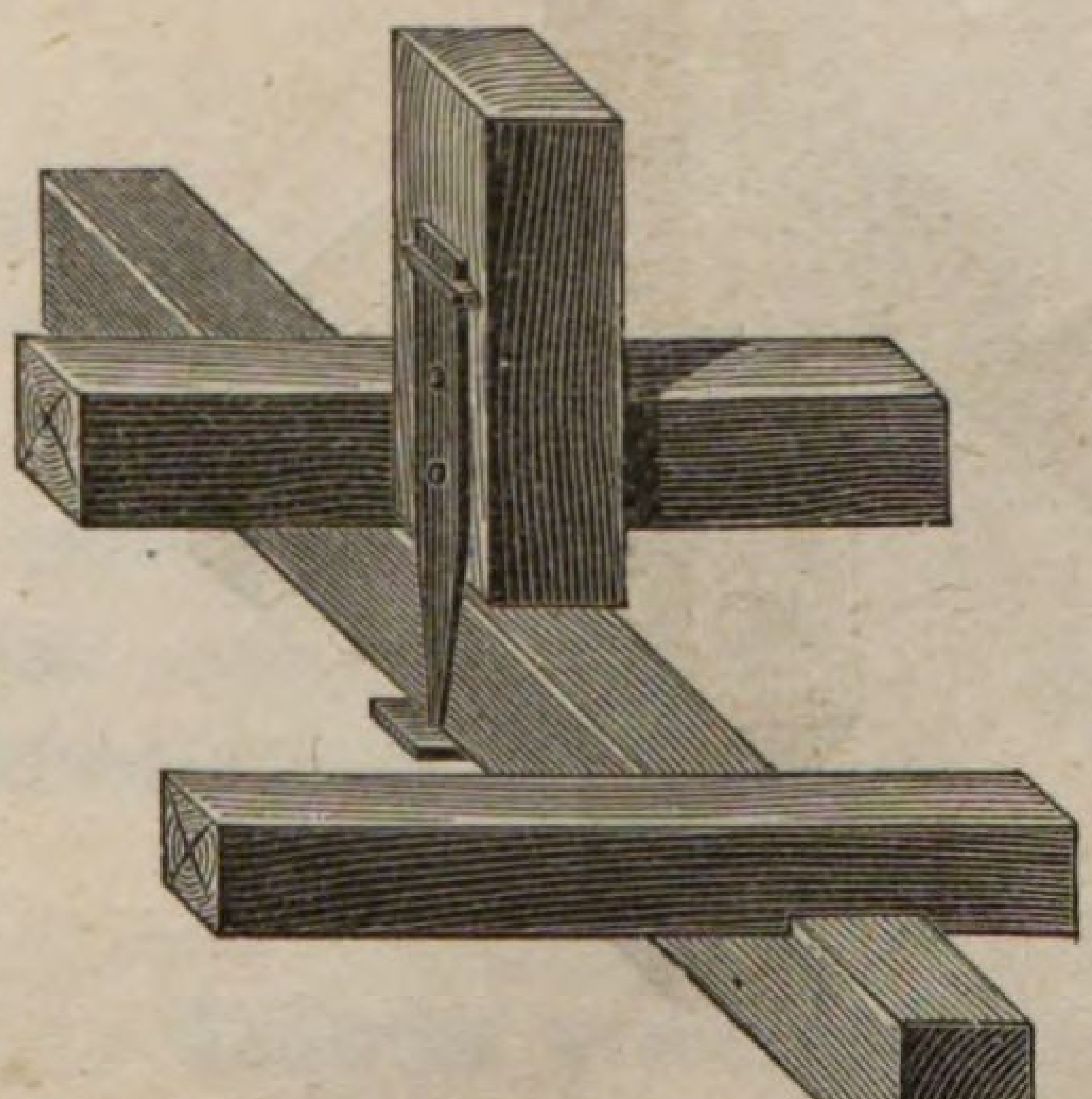


Fig. 223.

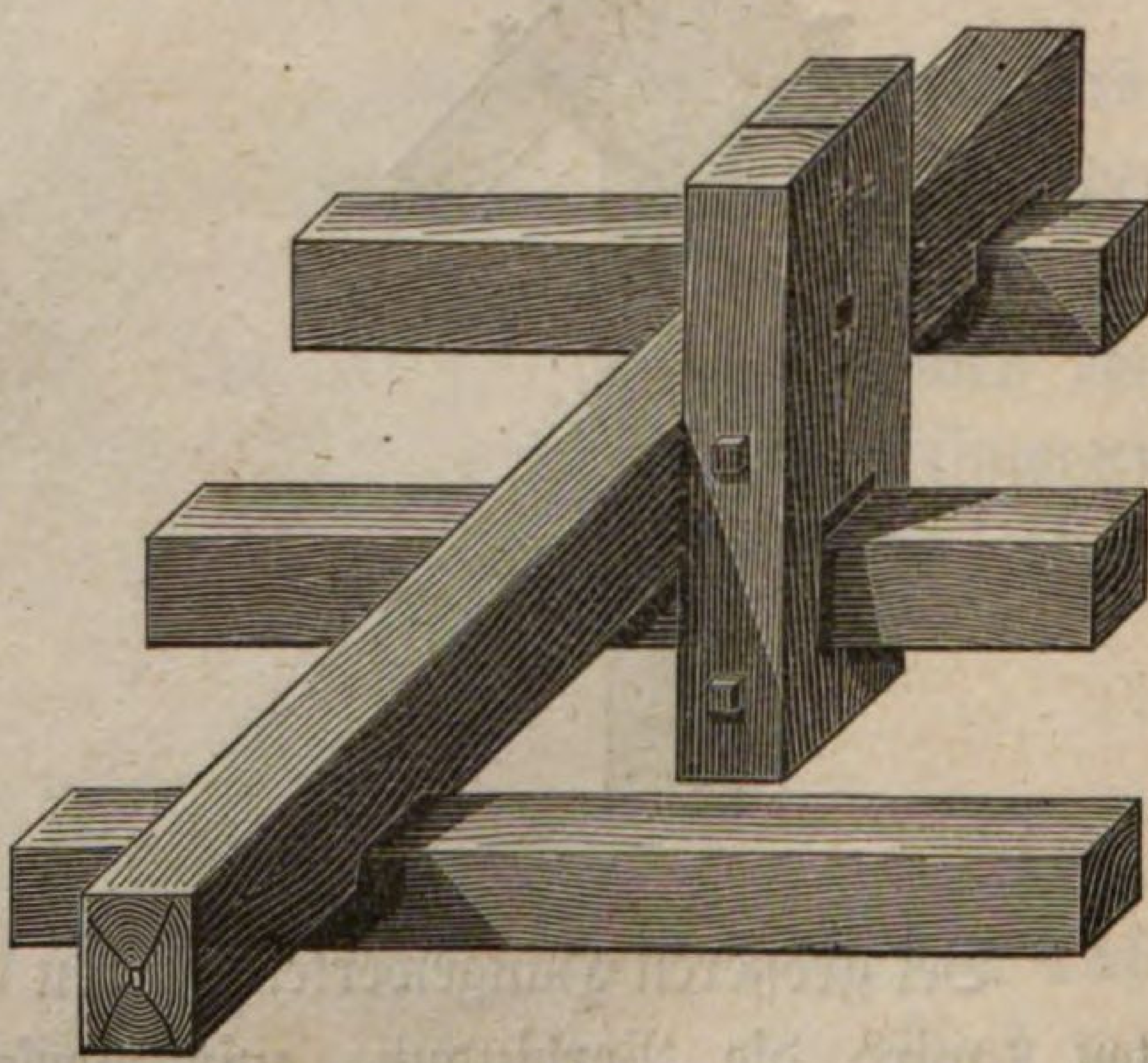


Fig. 222.

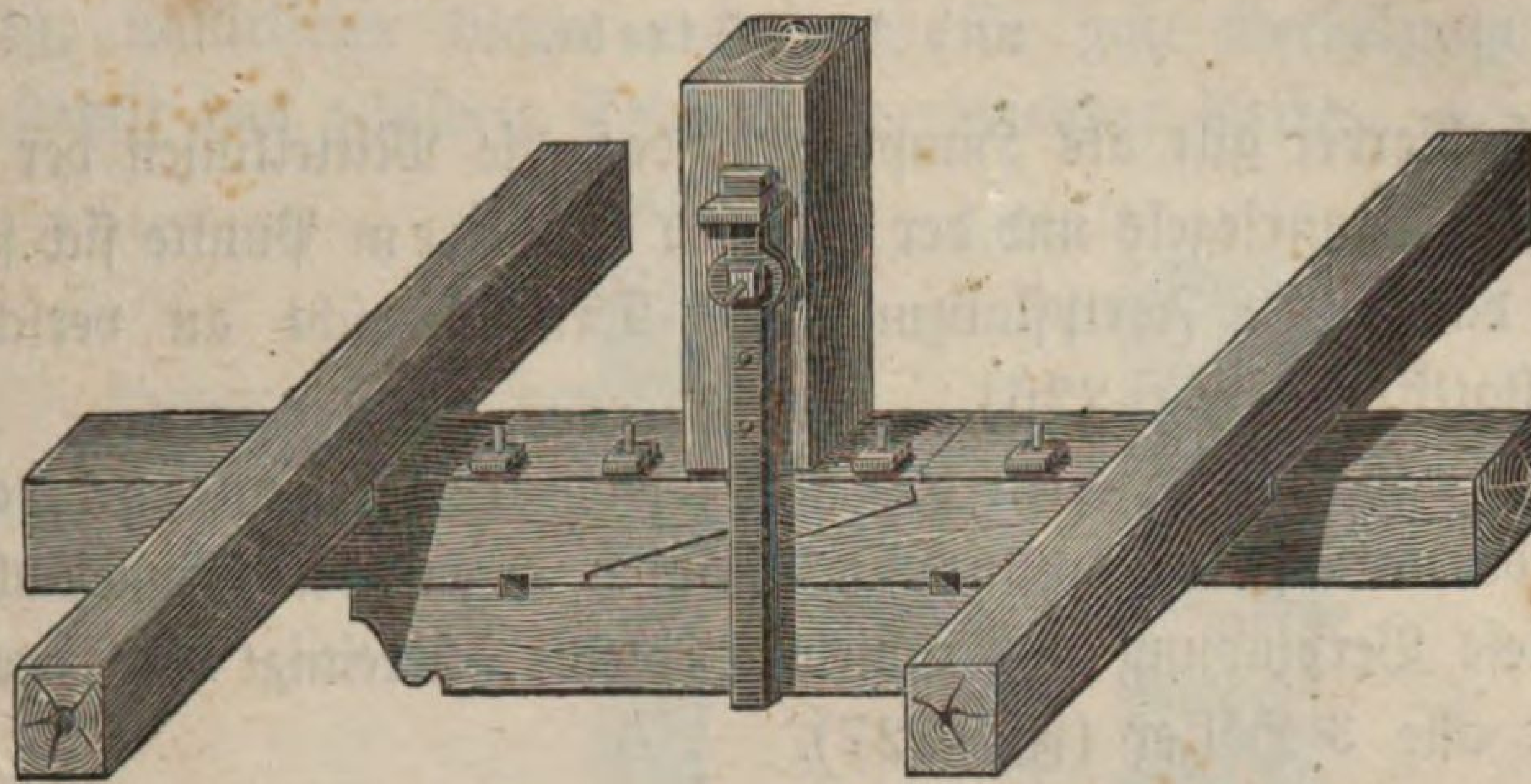


Fig. 224.

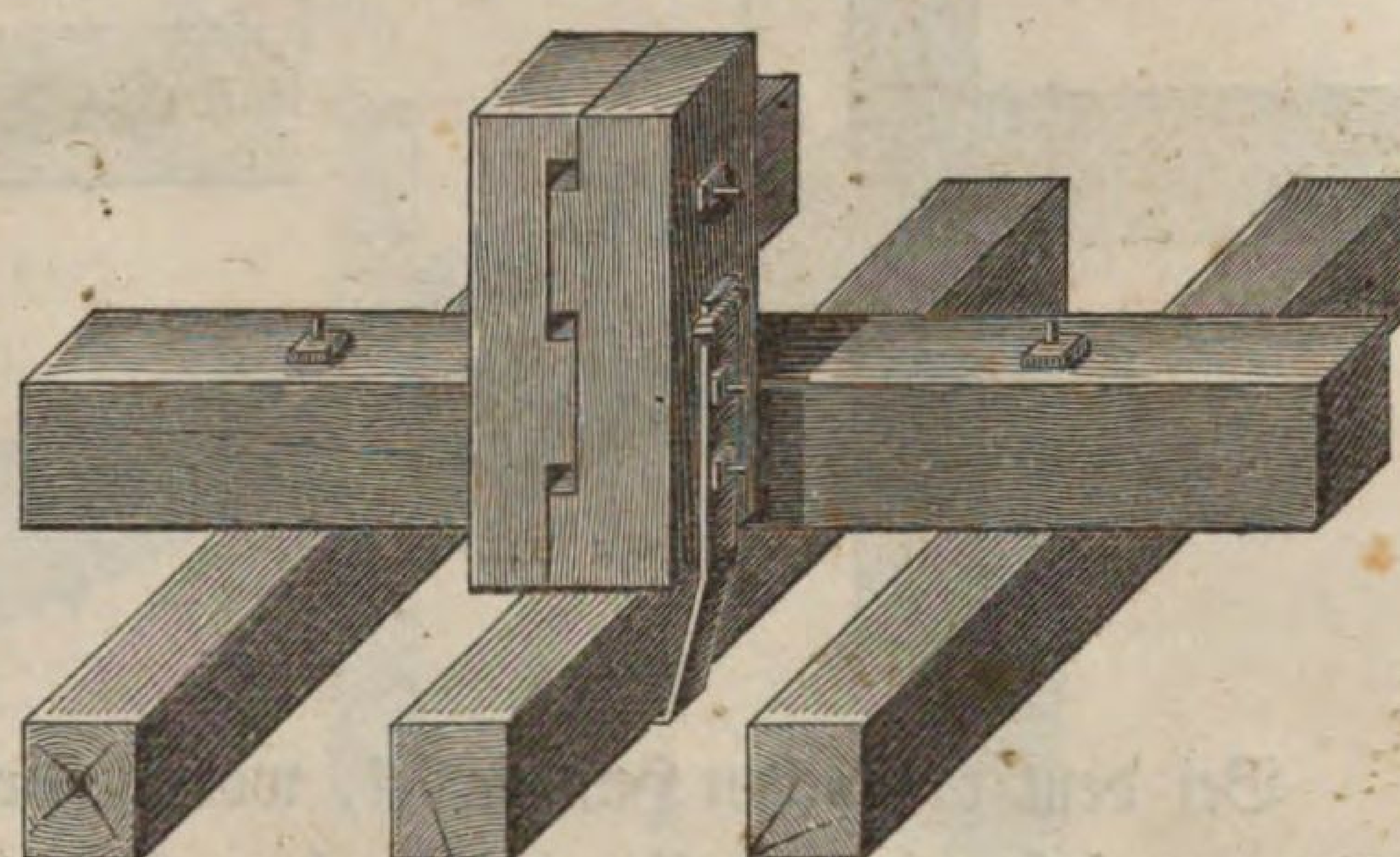
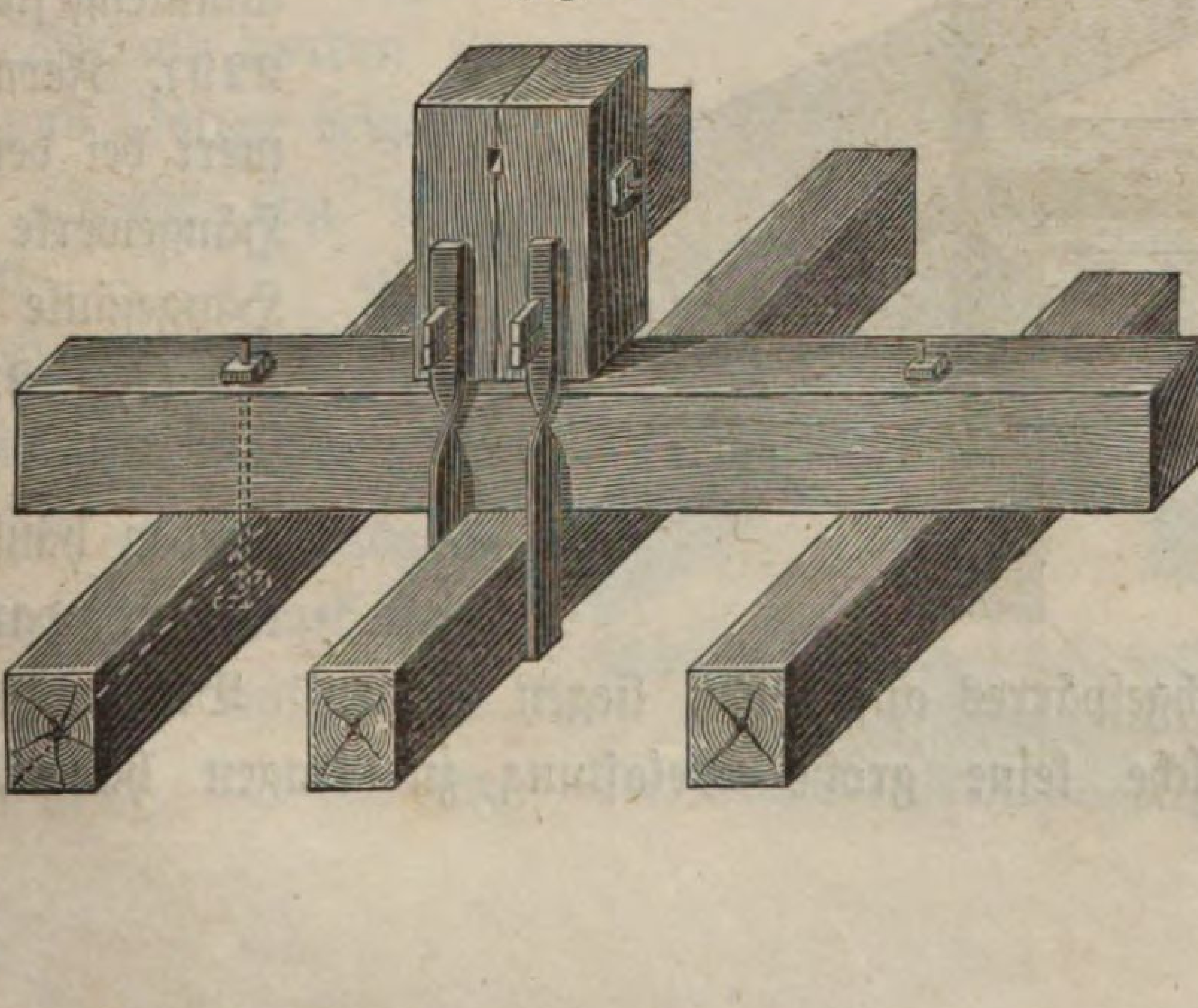


Fig. 223 und 224 veranschaulichen, wie doppelte Hängesäulen den tieferliegenden Balken umfassen, während die Träger über der Balkenlage angebracht sind. In beiden Figuren liegt der Hängeträger neben der Hängesäule und setzen sich die Streben auf den umfaßten Balken; neben der Hängesäule ruht auf den Balken der Hängeträger; die Strebe kann sich alsdann sowohl auf den angehängten Balken, als auch auf den Träger stützen (Fig. 225).

Fig. 225.



f. Die Verbindung der Hängesäule mit dem Spannriegel und der Strebe.

Auch hierbei gilt als Hauptregel, daß die Mittellinien der Hängesäule, des Spannriegels und der Streben in einem Punkte sich schneiden müssen, damit die Fortpflanzung des Druckes nicht an verschiedenen Stellen stattfinde (Fig. 226).

In gewöhnlichen Fällen setzt sich sowohl der Spannriegel, als auch die Strebe mittelst Versatzung und Zapfen gegen die Hängesäule, und damit diese Verbindung unverschiebbar bleibe, vereinigt eine dreiarmige Klammer alle 3 Hölzer (Fig. 227).

Fig. 226.

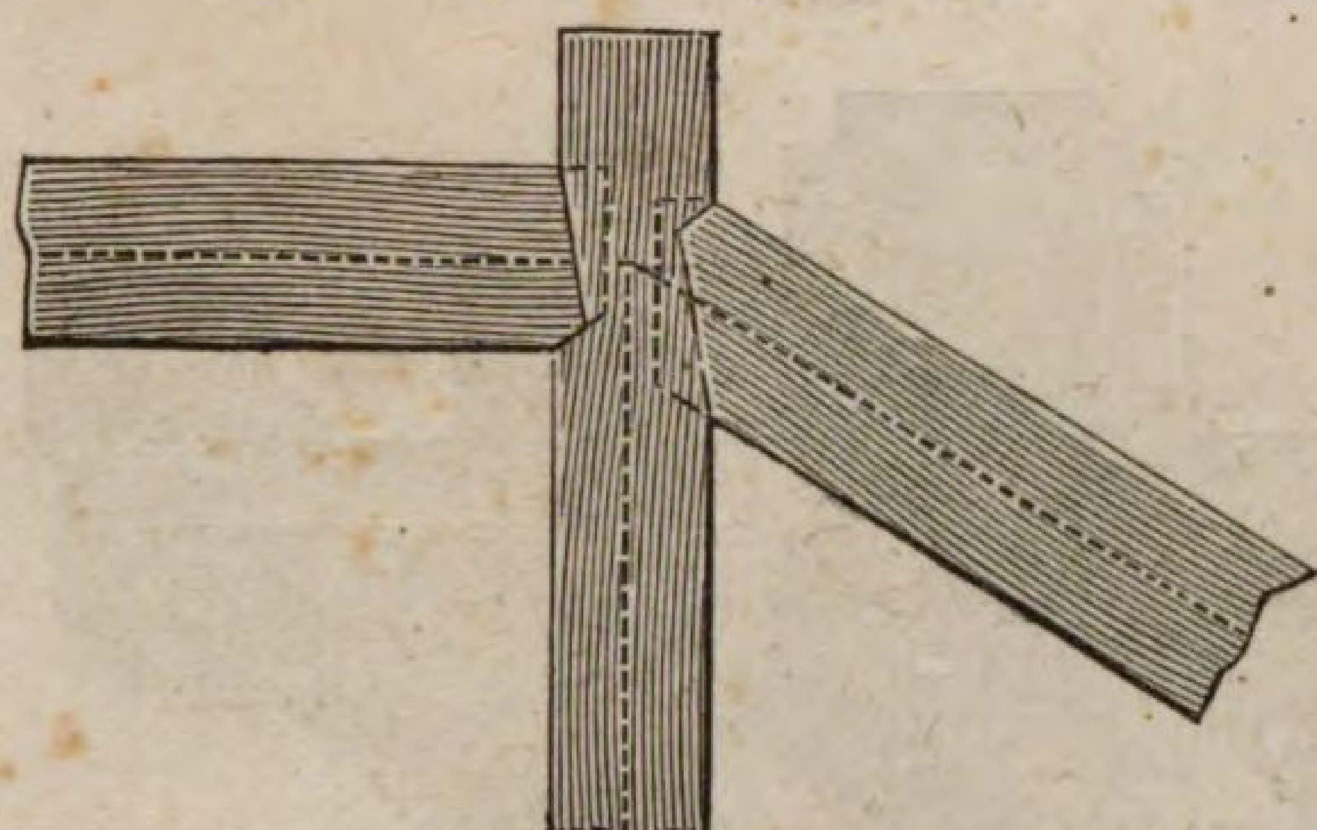
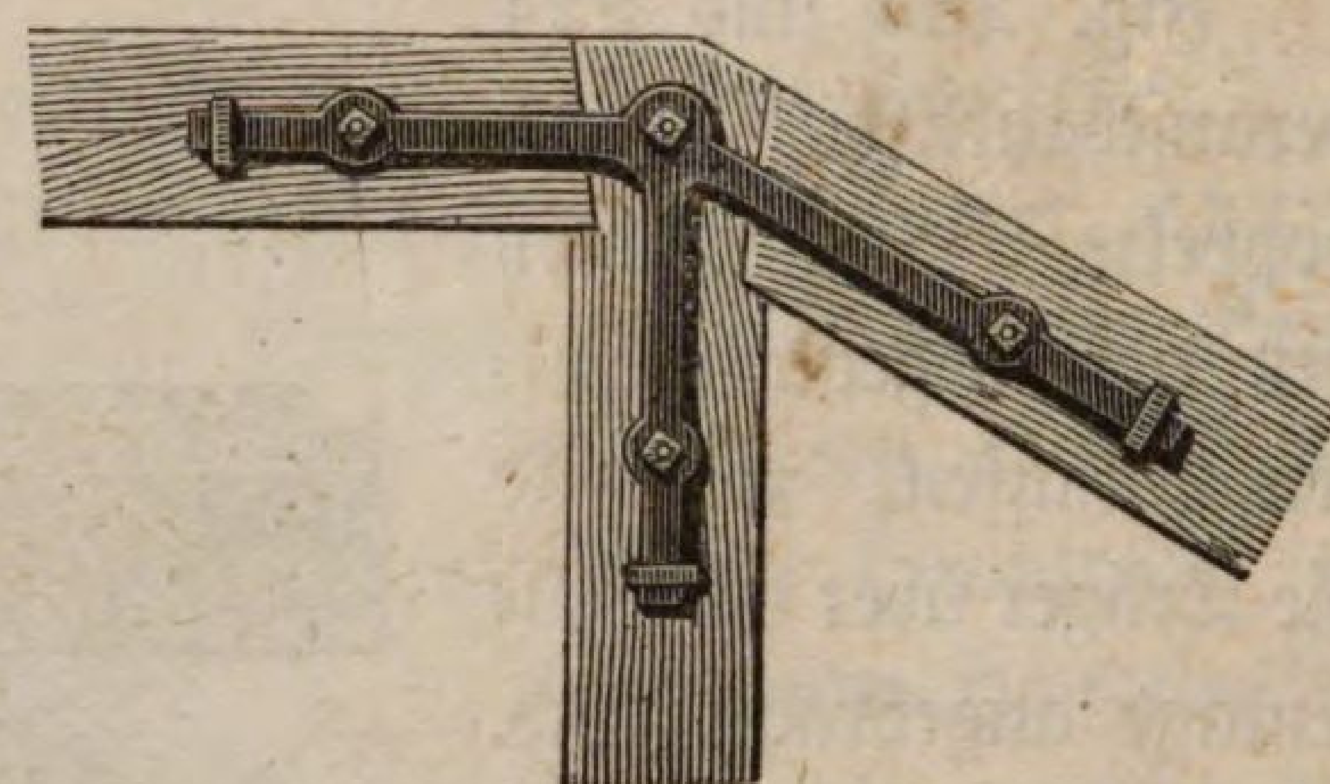
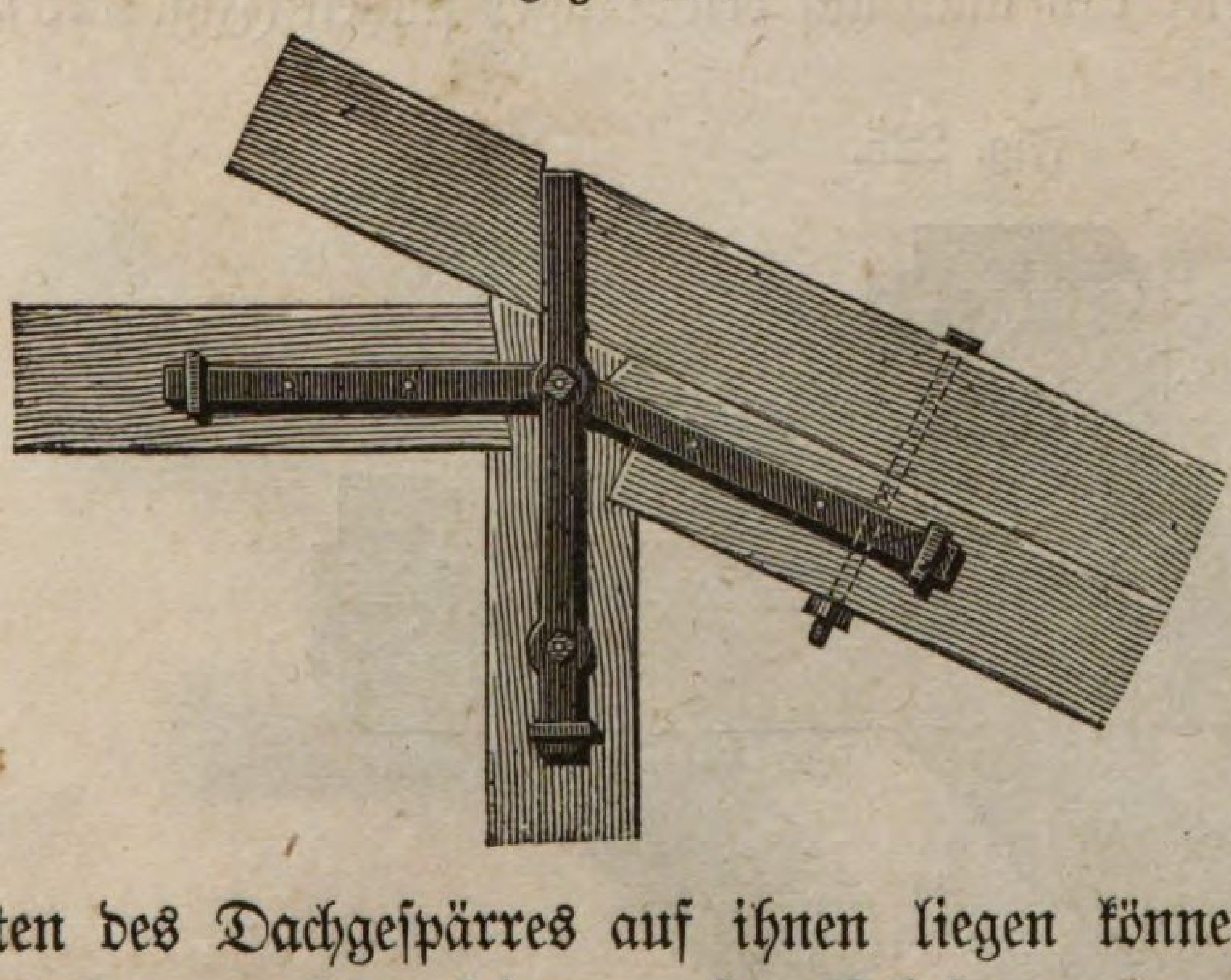


Fig. 227.



Bei dem dreifachen Hängewerk, wobei also 2 Streben übereinander liegen, umfaßt die Eisenklammer auch noch die obere Strebe (Fig. 228). Wenn die Hängesäule doppelt ist, umgreift sie auch den Spannriegel und die Strebe; die beiden letzteren Hölzer werden alsdann nur stumpf zusammengestoßen (Fig. 229). Ferner umklammert bei dem dreifachen Hängewerke die doppelte Hängesäule beide Streben (Fig. 230).

Fig. 228.



Die Hängesäulen werden häufig noch verlängert, damit die Pfetten des Dachgespärres auf ihnen liegen können. Bei doppelten Hängewerken, welche keine große Belastung zu tragen haben, kann der

Spannriegel zangenartig die einfache Hängesäule und Strebe umfassen (Fig. 231); natürlicher Weise muß dann für gute Verbolzung gesorgt werden, damit das gebildete Dreieck unverschiebbar bleibe.

Fig. 229.

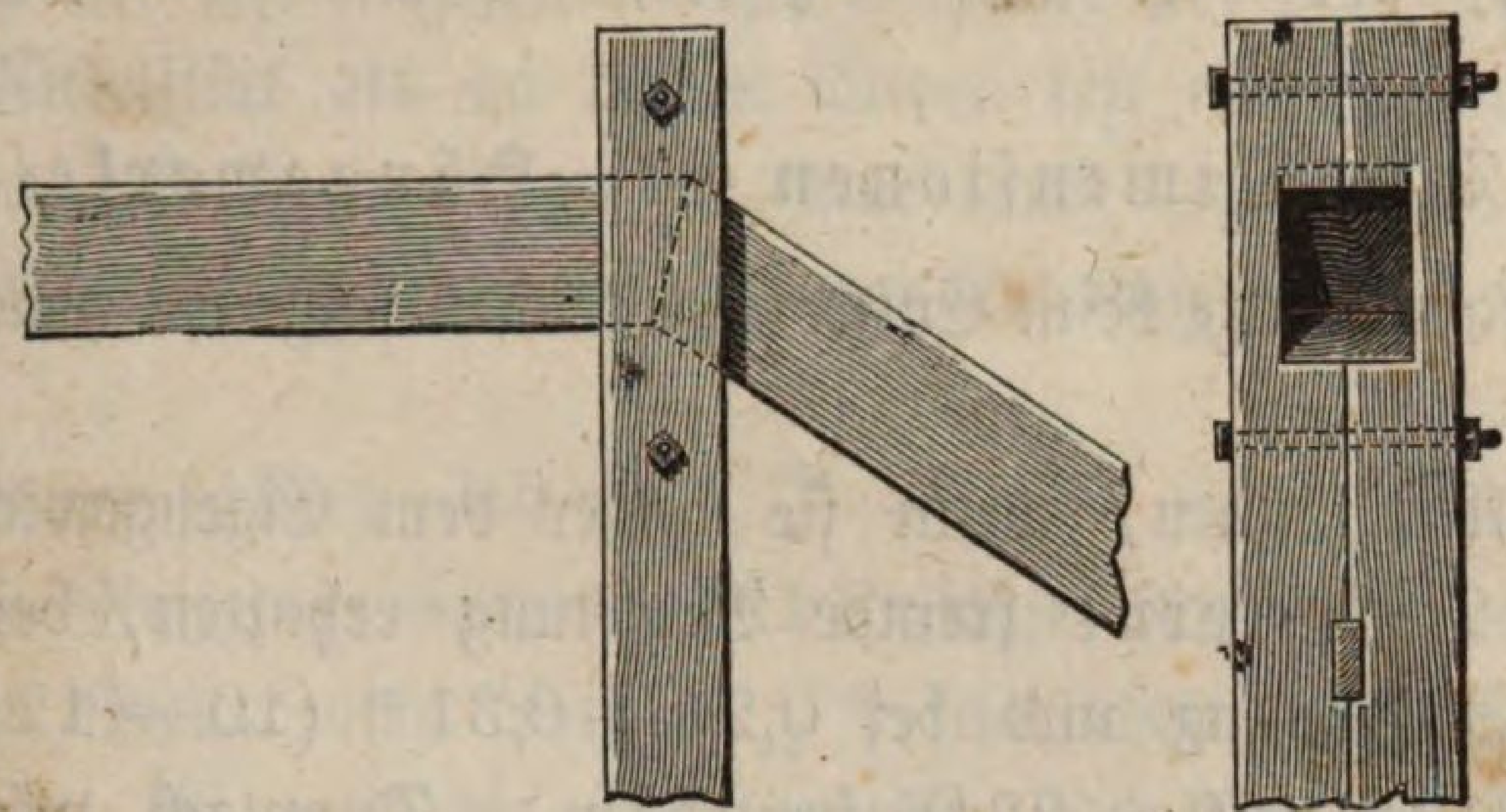
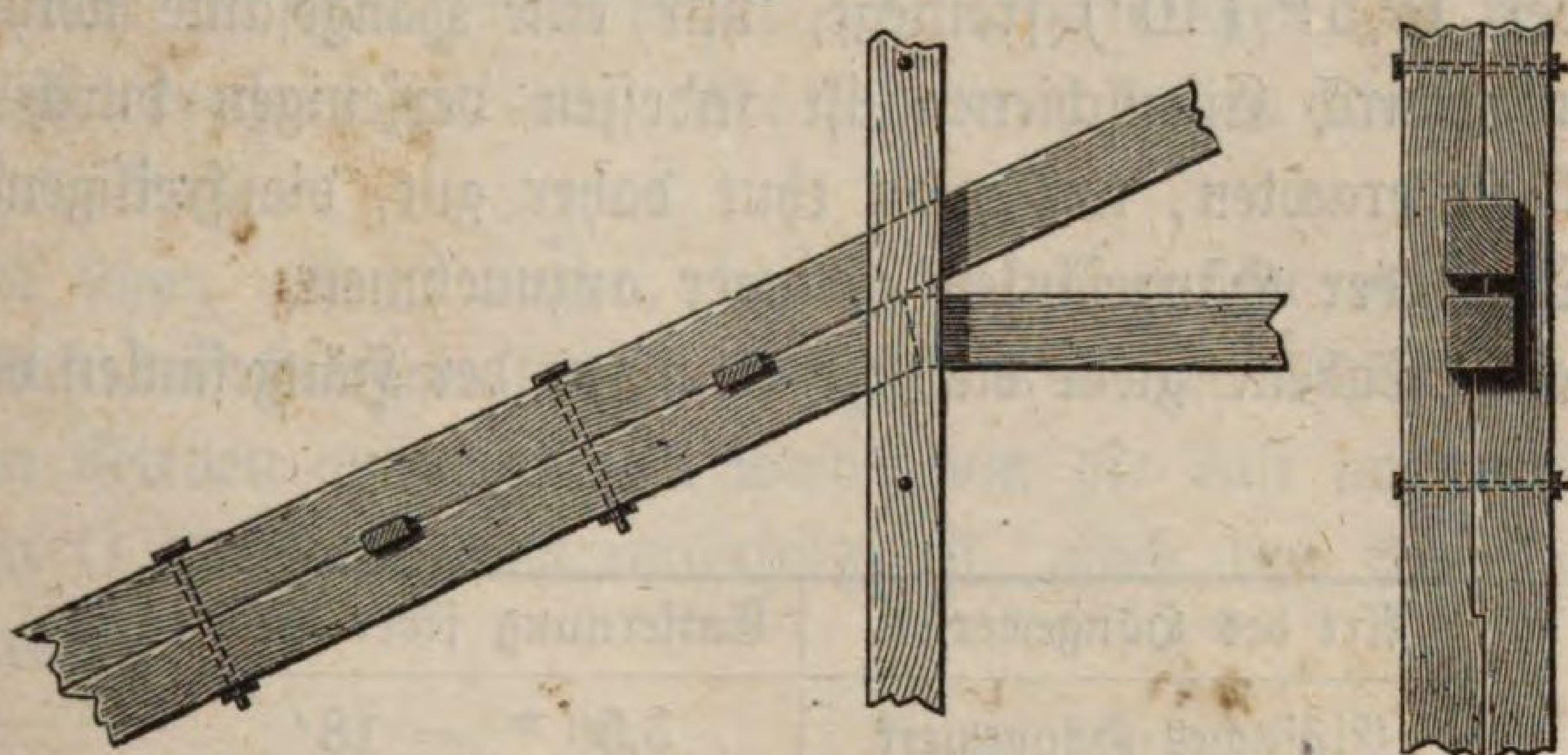


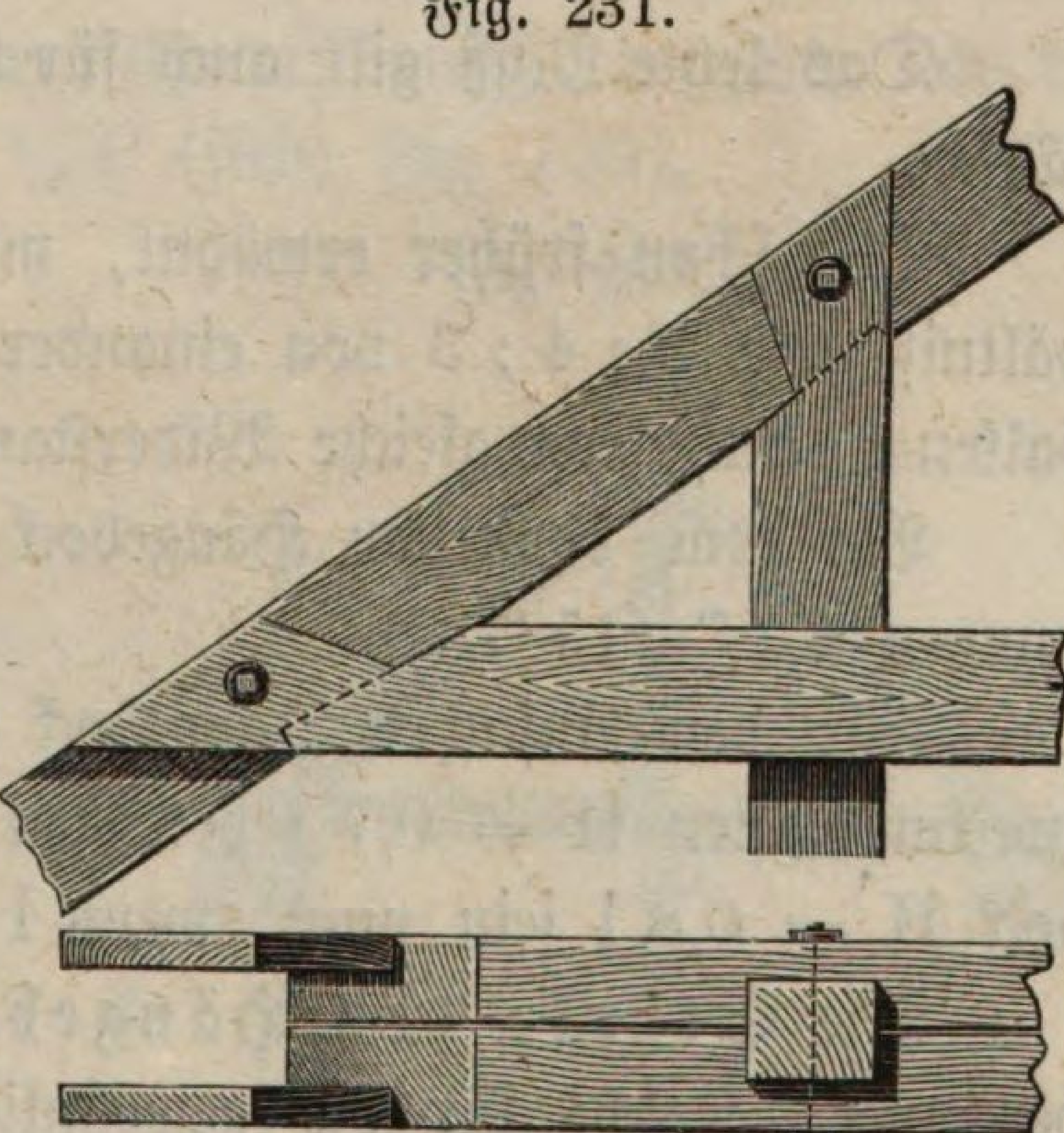
Fig. 230.



g. Die Eisenverbindung beim Hängewerk.

Diese besteht aus Schienen und Bolzen. Die Schienen sind in der Dicke und Breite verschieden, und zwar beträgt in der Regel die Breite $2\frac{1}{2} - 6\frac{1}{2}$ cm ($1 - 2\frac{1}{2}''$), die Dicke $1\frac{1}{2} - 1\frac{1}{3} - 2$ cm ($\frac{1}{4} - \frac{1}{2} - \frac{3}{4}''$). Oberhalb werden sie mit Krampen und Bolzen versehen und befestigt. (Siehe Fig. 221, 222, 224, 225.)

Fig. 231.



Auch die Bolzen erhalten verschiedene Stärken, sie werden z. B. für Zwischenbalken an den Trägern 2,5—3 cm ($1 - 1\frac{1}{2}''$) stark angenommen; lange Bolzen müssen stärker sein als kurze. Die Bolzen

haben auf der einen Seite einen angeschmiedeten Kopf, am anderen Ende sind sie mit einem Gewinde versehen. Zu beiden Seiten des Holzes werden sogenannte Unterlagsscheiben gelegt, damit die Mutter und der Bolzenkopf nicht in das Holz eindringen können (Fig. 170).

Die Dimensionen der Hängewerke.

Als Anhaltspunkte beim Entwerfen können folgende practische Regeln dienen:

Die Balken können, wenn sie außer dem Eigengewichte und dem Gewichte der Decke keine fremde Belastung erhalten, bei 1 — 1,10 m (3 — 3½′) Entfernung und bei 0,26 — 0,31 m (10 — 12″) Höhe sich circa 6,3 — 6,9 m (20 — 22′) freitragen. Demnach wäre für einen Balken, der 12,5 m (40′) freiliegt, nur eine Hängesäule nöthig. Die Unterstützung durch Eisenschienen ist indessen derjenigen durch Mauern nicht gleich zu erachten, und man thut daher gut, die freiligende Länge zu jeder Seite der Hängesäulen geringer anzunehmen.

Folgende Tabelle giebt die Entfernungen der Hängesäulen von Mitte zu Mitte an.

Art des Hängewerkes.	Entfernung jeder Säule.
Einfaches Hängewerk	5,50 m = 18′
Doppeltes "	5 m = 16′
Dreifaches "	4,50 m = 14′
Vierfaches "	4,0 m = 13′

Das letzte Maß gilt auch für Hängewerke von 5 und mehr Hängesäulen.

Wie schon früher erwähnt, müssen die Hängesäulen in dem Verhältniß wie 3 : 4 : 3 von einander entfernt stehen, damit der Hängebalken allenthalben gleiche Widerstandsfähigkeit besitze.

Bei dem doppelten Hängebock nehme man daher für die Endöffnungen 4,7 m (15′) an.

Für den einfachen Hängebock würde die Höhe der Hängesäule am zweckmäßigsten H = 0,7 l betragen, während für den doppelten Hängebock H = 0,8 l sein muß, wenn l die Weite einer Oeffnung bedeutet.

Die Stärke des Hängebalkens wird nach derselben Formel berechnet, welche für die gewöhnlichen Balken bereits gegeben wurde,

d. h. man berechne die Größe der Belastung und verfahre wie bei den Balken oder Trägern. Es muß nur berücksichtigt werden, daß bei dem einfachen Hängewerk der Hängewerksbalken an den Enden aufliegt und in der Mitte fest eingespannt ist, während bei dem doppelten Hängewerke das Mittelstück als an beiden Enden fest eingespannt gilt.

Die Stärke der Strebe kann nach empirischen Regeln angenommen werden, wenn H die Höhe der Neigung der Strebe in Metern bedeutet:

$$h = (16 + 1{,}5 \cdot H)^{cm} \text{ bis } (16 + 1 \cdot H)^{cm},$$

bei größerem Neigungswinkel gilt die letzte Formel, bei kleinem die erstere. Die Breite wird dann $2\,{}^1\!/_2{}^{cm}$ schwächer gemacht.

Will man bei größeren Hängewerken und starken Belastungen die Dimensionen der Hängewerkshölzer genau bestimmen, so müssen dieselben statisch berechnet werden. Die folgenden kurzen Bemerkungen geben den Anhalt dazu.

Wie schon gesagt wurde, besteht die Function eines Hängewerkes darin, daß der Hängebalken N N (Fig. 204 und 205) an einer oder mehreren Stellen aufgenommen wird, um die Last an der Hängesäule, welche in O durch Streben unterstützt ist, nach den Aufstützpunkten N zu übertragen.

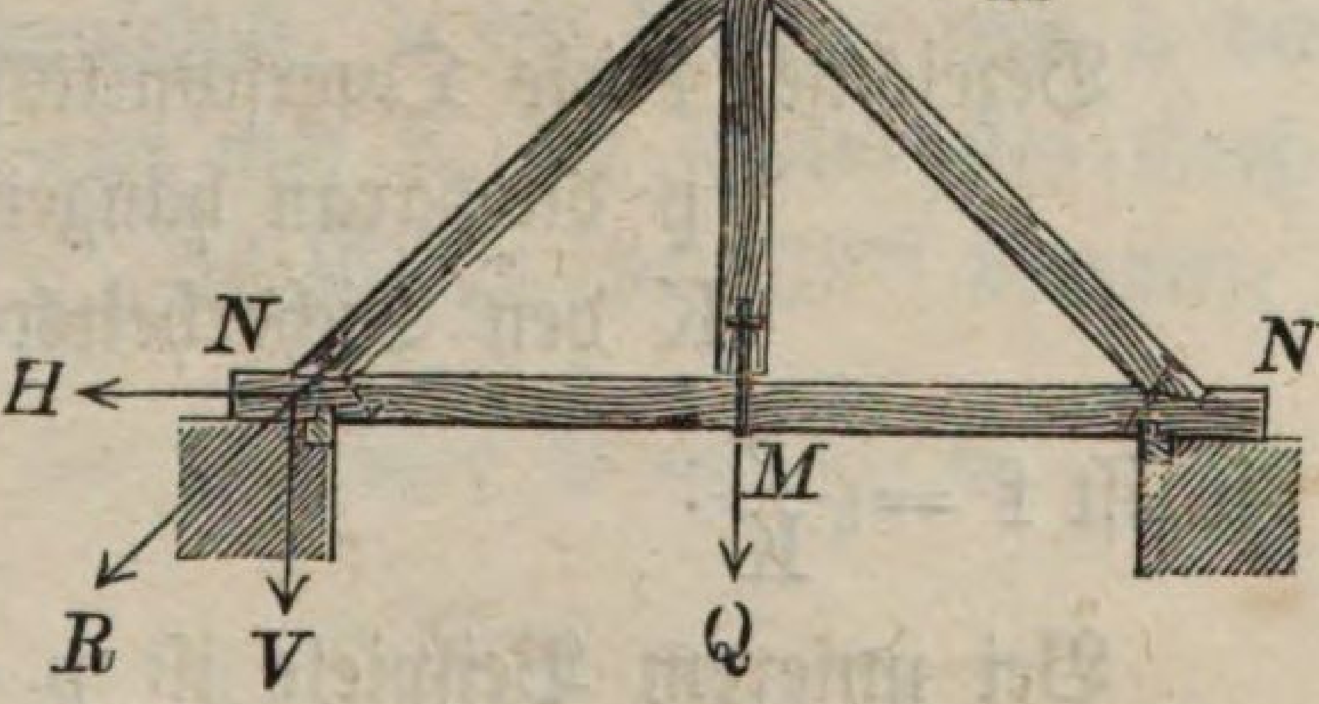
a. Die Berechnung des einfachen Hängewerkes (Fig. 232).

Nehmen wir an, daß der Hängewerksbalken aus einem Stücke bestehe und daß er gleichmäßig belastet sei, oder daß die nöthige Verbindung (stets unter einer Hängesäule) der Balken, wie aus einem Stück bestehend erscheint, so ist bei einer Unterstützung die ganze an der Hängesäule wirkende Last $= Q = {}^5\!/_8\, P$ (siehe Fig. 199).

Nennen wir den Neigungswinkel, den die Strebe mit dem Hängebalken bildet, α, das Eigengewicht der Strebe G, so beträgt die Pressung in den Streben N O:

$$R = \frac{Q}{2 \sin \alpha}.$$

Fig. 232.



Dieser Strebenschub zerlegt sich an den Unterstützungspunkten in einen Horizontal- und Vertikalschub und zwar beträgt der Horizontalschub

$$H = R \cos \alpha = \frac{Q + G}{2} \operatorname{cotang} \alpha$$

und der Vertikalschub

$$V = H \sin \alpha = \frac{Q + G}{2}.$$

Aufgabe. Ein einfaches Hängewerk trage eine hölzerne Balkendecke, das Gewicht derselben beträge 20000 Klgr.; diese vertheilen sich gleichmäßig auf den Träger resp. Hängewerksbalken, ferner sei die Höhe der Hängesäule $3{,}75^{m}$ (12′) und die Länge des Hängebalkens 12^{m} (38′). Wie stark sind die Dimensionen der Hölzer und des Hängeeisens zu machen?

Antwort. Die ganze Belastung beträgt

$P = 40000$ Pfd. $= 20000$ Kilogr.,

demnach $Q = \frac{5}{8} P = \frac{5}{8} \cdot 40000$ Pfd. oder $\frac{5}{8} \cdot 20000$ Kilogr.

$Q = 25000$ Pfd. oder 12500 Kilogr.

1. Der Querschnitt der Hängesäule. Die Hängesäule wird auf absolute Festigkeit in Anspruch genommen, d. h. dieselbe (entweder aus Holz oder Eisen) wird nach ihrer Längenrichtung (Schwerpunktsaxe) durch das angehängte Gewicht so gezogen, daß schließlich bei einer zu großen Belastung ein Zerreißen stattfinden könnte. In der Praxis aber werden die Hängesäulen nur so stark belastet, daß sie bei Holz eine zehnfache, bei Schmiedeeisen eine sechsfache Sicherheit gegen Bruch gewähren.

Unter Berücksichtigung dieser Sicherheit empfehlen sich folgende Werthe für den Sicherheitscoefficienten K:

für Holz	K pr. □″	1000 Pfd.,	pr. □ ^{cm}	70 Kilogr.
„ Schmiedeeisen, dünne	„	10000 „	„	700 „
„ „ dicke	„	7500 „	„	525 „
„ Eisendraht . . .	„	14000 „	„	1000 „

Bezeichnet f die Querschnittsfläche in □″ oder □ ^{cm},

p die daran hängende Belastung in Pfunden oder Kilogr.,

K den Sicherheitscoefficienten,

so ist $f = \frac{p}{K}$.

Bei unserem Beispiele ist $p = Q$ zu setzen,

oder $p = 25000$ Pfd. resp. 12500 Kilogr.,

$$\text{demnach } f = \frac{25000}{1000} \text{ bei } \square'', \ \frac{12500}{70} \text{ bei } \square^{cm},$$

$$f = 25 \square'', \ 178 \square^{cm},$$

oder wenn die hölzerne Säule quadratisch angenommen wird,

$$f = b^2,$$

$$\text{oder } b^2 = 25 \text{ resp. } 178,$$

$$b = 5'' \text{ resp. } 13{,}3^{cm} \text{ im Quadrat.}$$

Da die Hängesäule durch die Versatzung bedeutend geschwächt wird, würde es anzurathen sein 7—8″ resp. 18—21 cm im Quadrat anzunehmen.

2. Der Querschnitt des Hängeeisens. Das Hängeeisen oder Hängeband, welches die Hängesäule mit dem Hängeband verbindet, muß die Stärke erhalten von:

$$f = \frac{25000}{10000} \text{ resp. } \frac{12500}{700}$$

$$= 2\tfrac{1}{2} \square'' \text{ resp. } 17 \square^{cm}.$$

Wird das Band an jeder Seite heruntergelegt (Fig. 222 und 224), so ist für den Querschnitt

$$\frac{2\tfrac{1}{2}}{2} = 1\tfrac{1}{4} \square'' \text{ resp. } \frac{17}{2} = 8\tfrac{1}{2} \square^{cm} \text{ erforderlich.}$$

3. Der Querschnitt der Streben. Bei der Berechnung der Strebendimensionen ist zu beachten, daß die Strebe auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen wird, welche sich wiederum auf 2 verschiedene Weisen zu erkennen giebt, nämlich als Festigkeit gegen Zerdrücken und gegen Zerknicken. Demzufolge sind beide Fälle zu berechnen und alsdann sind die größten gefundenen Dimensionen des einen oder anderen Falles anzunehmen. Hauptsächlich kommt die Zerknickungsfestigkeit zur Geltung. Zur Ermittelung derselben gelten folgende Formeln, wenn R der Strebenschub, b die kleinere und h die größere Seite in Zollen oder Centimetern und K der Sicherheits-Coefficient für Holz = 800 Pfund pr. □″, 56 Kilogr. pr. □ cm bedeutet.

Ist das Seitenverhältniß $\frac{b}{h} = \frac{5}{7}$ oder $b = \frac{5}{7}$ h,

so wird sein . . . . $h = \sqrt{\frac{7 \cdot R}{5 K}}$

oder wenn der Querschnitt quadratisch sein soll,

$$b = \sqrt{\frac{R}{K}}.$$

Zur Ermittelung der Dimensionen für die Zerknickungsfestigkeit müssen wir die Höhe der Hängesäule mit t bezeichnen und für den Elasticitäts-Coefficienten E für Holz = 1500000 Pfund pro □″, 105000 Kilogr. pro □^{cm}, ferner für l die Länge der Strebe in Zollen resp. Centimetern annehmen. Die Strebe wird, als an beiden Enden fest eingespannt, betrachtet.

Es ergiebt sich nun wieder, wenn das Seitenverhältniß

$$\frac{b}{h} = \frac{5}{7} \text{ oder } b = \frac{5}{7} h \text{ beträgt,}$$

$$\text{für } b = \sqrt[4]{\frac{15 \cdot R\,(l^2 + t^2)}{28\,E}},$$

$$\text{oder } h = \frac{7}{5} \sqrt[4]{\frac{15\,R\,(l^2 + t^2)}{28\,E}},$$

oder, wenn der Querschnitt quadratisch sein soll,

$$b = \sqrt[4]{\frac{3\,R\,(l^2 + t^2)}{4\,E}}.$$

Bisher haben wir angenommen, daß die Streben durchaus nicht belastet werden, es kommt jedoch manchmal der Fall vor, z. B. bei Pfettendächern, daß dieselben gleichzeitig durch eine Extrabelastung auf Durchbiegen, also auf relative Festigkeit in Anspruch genommen werden.

Bezeichnen wir diese Extrabelastung mit G, die Länge der Strebe mit t in Zollen resp. Centimetern und den Sicherheits-Coefficienten mit K = 1000 Pfund pro □″ resp. 70 Kilogr. pro □^{cm}, so erhalten wir, wenn die Strebe mit beiden Enden freiliegend angenommen wird,

$$\text{bei dem Seitenverhältniß } \frac{b}{h} = \frac{5}{7} \text{ oder } b = \frac{5}{7} h,$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{21\,G\,l}{20\,K}},$$

oder bei quadratischem Querschnitt der Strebe

$$b = \sqrt[3]{\frac{3\,G\,l}{4\,K}}.$$

Die nun gefundenen Querschnittsdimensionen sind mit denjenigen, welche durch die Formeln der Zerdrückungsfestigkeit entstanden, zu vergleichen und alsdann den Streben die größten berechneten Dimensionen zu geben.

Bezeichnet man die halbe Länge des Hängebalkens mit l und die Höhe der Hängesäule mit t in Zollen resp. Centimetern, so beträgt die Länge der Strebe

$$\sqrt{t^2 + l^2},$$

oder trigonometrisch ausgedrückt, ist:

$$\sin \alpha = \frac{t}{\sqrt{l^2 + t^2}},$$

$$\cot \alpha = \frac{l}{t},$$

$$\cos \alpha = \frac{l}{\sqrt{l^2 + t^2}}.$$

Kehren wir nach diesen allgemeinen Bemerkungen zu unserer Aufgabe zurück, so müssen wir zuvor die Pressung in der Strebe bestimmen.

$$R = \frac{Q}{2 \sin \alpha}$$

Es ist $\sin \alpha = \frac{t}{\sqrt{l^2 + t^2}} = \frac{12 \cdot 12}{\sqrt{(19 \cdot 12^2 + (12 \cdot 12)^2}}$ resp. $\frac{375}{\sqrt{600^2 + 375^2}}$

$= 0{,}5333\ldots,$

demnach $R = \frac{25000}{2 \cdot 0{,}5333}$ resp. $\frac{12500}{2 \cdot 0{,}5333\ldots}$

$= 23600$ Pfund resp. 11800 Kilogr.

Hiernach würden sich die Dimensionen der Streben für die Zerknickungs-Festigkeit, vorausgesetzt, daß $h : b = 7 : 5$ betrage, bestimmen lassen nach der Formel

$$h = \sqrt{\frac{7 \cdot R}{5 \cdot K}} = \sqrt{\frac{7 \cdot 23600}{5 \cdot 800}} = 6{,}5''$$

$$\text{resp. } \sqrt{\frac{7 \cdot 11800}{5 \cdot 56}} = 17^{\text{cm}}.$$

Hinsichtlich der Zerknickungsfestigkeit erhalten wir

$$h = \frac{7}{5}\sqrt[4]{\frac{15 \cdot R\,(l^2 + t^2)}{28\,E}} = \frac{7}{5}\sqrt[4]{\frac{15 \cdot 23600\,(19 \cdot 12)^2 + (12 \cdot 12)^2}{28 \cdot 1500000}} = 7''$$

$$\text{resp.} = \frac{7}{5}\sqrt[4]{\frac{15 \cdot 11800\,(600^2 + 375^2)}{28 \cdot 105000}} = 19^{\text{cm}}.$$

Hieraus folgt, daß man die Strebendimensionen nach der Zerknickungsfestigkeit berechnen muß.

4. Die Querschnitte des Hängebalkens. Da der Hängebalken an beiden Enden frei aufliegt, in der Mitte aber unterstützt wird, so müssen wir die Länge des zu berechnenden Balkens $= \frac{1}{2}$ und die in Betracht kommende Belastung $\frac{P}{2}$ nennen; ferner noch das Eigengewicht G des halben Hängebalkens berücksichtigen.

Nennen wir b die Breite, h die Höhe, l die Länge in Zollen resp. Centimetern und K den Sicherheitscoefficienten gleich 1000 Pfund pr. □″, 70 Kilogr. pr. □ᶜᵐ, so erhalten wir, wenn

$$b = \frac{5}{7}\,h \text{ ist,}$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{7}{5} \cdot \frac{3\left(\frac{P}{2} + G\right) l}{8\,K}},$$

Demnach beträgt, wenn G = 1000 Pfund oder 500 Kilogr. gesetzt wird:

$$h = \sqrt[3]{\frac{7}{5} \cdot \frac{3\,(20000 + 1000) \cdot 19 \cdot 12}{8 \cdot 1000}} = \sqrt[3]{\frac{7}{5} \cdot \frac{6300 \cdot 228}{8000}} = \text{ca. } 13\tfrac{1}{4}''$$

$$\text{resp.} \sqrt[3]{\frac{7}{5} \cdot \frac{3 \cdot (10000 + 500) \cdot 600}{8 \cdot 70}} = \sqrt[3]{\frac{7}{5} \cdot \frac{18900000}{560}} = 36^{\text{cm}},$$

$$b = 13\tfrac{1}{4} \cdot \frac{5}{7} \text{ resp. } 36 \cdot \frac{5}{7} = \text{circa } 10'' \text{ resp. } 26^{\text{cm}}.$$

Die statische Berechnung giebt die geringsten Dimensionen an; es dürfte jedoch zu empfehlen sein, dieselben um ein Drittel zu vergrößern, da die Beschaffenheit des Holzes zu verschiedenartig ist.

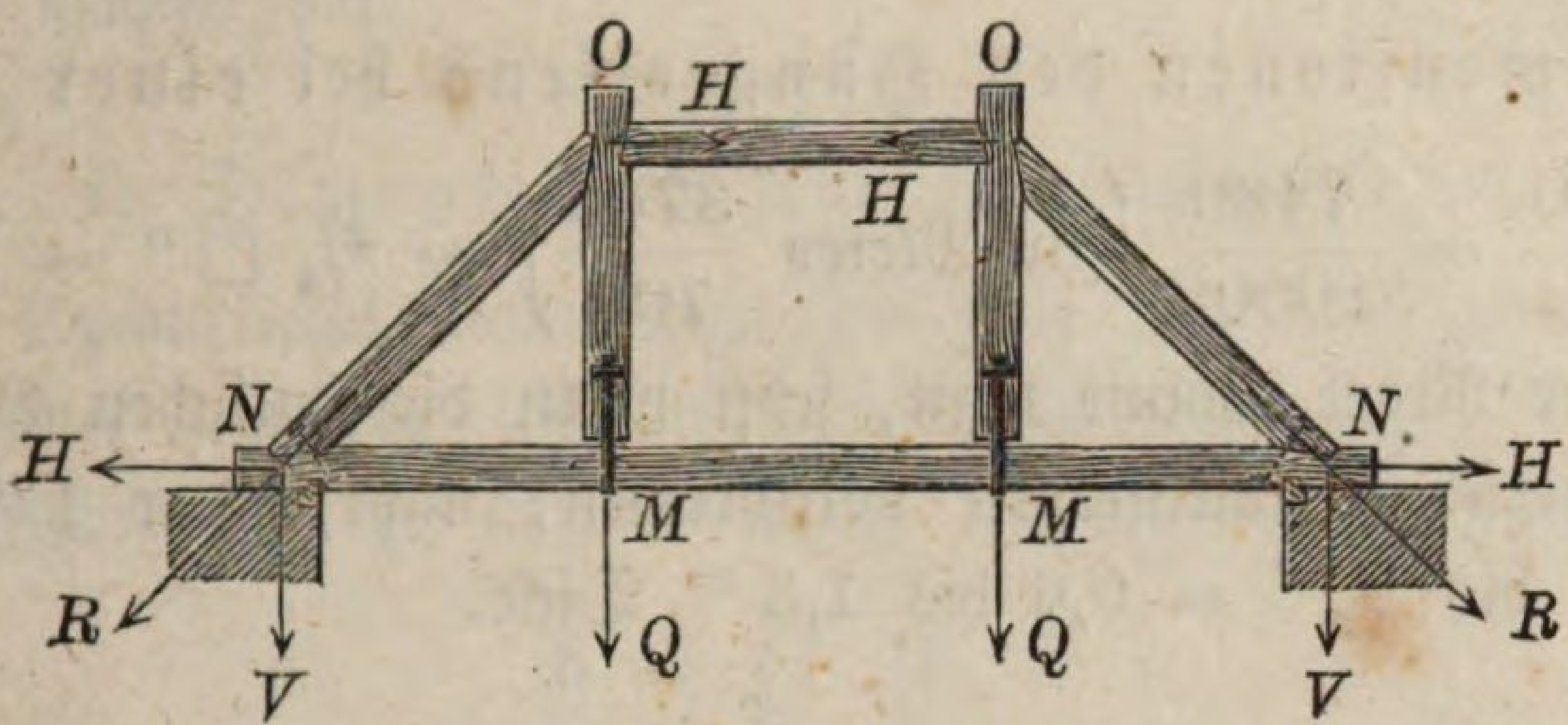
b. Die Berechnung des doppelten Hängewerkes.

Der Horizontalschub H der Strebe M ist in O und in N gleich. Gegen den Strebenschub O leistet der Spannriegel Widerstand (Fig. 233). Die Pressung in den Streben ist beim doppelten Hängewerke:

$$R = \frac{Q}{\sin \alpha}$$

und der Horizontalschub: $H = Q \text{ cotang } \alpha$.

Fig. 233.



Aufgabe. Eine Wand stehe auf einem nicht unterstützten Balken, dieser werde jedoch durch ein doppeltes Hängewerk aufgefangen.

Welche Dimensionen erhalten die Verbandstücke?

Die Hängewerkswand sei 16′ = 5 m hoch, 36′ = 11,25 m lang und $^1/_2$ Stein resp. $^1/_2$′ = 15,7 cm dick; der Cubikfuß Mauerwerk wiege 100 Pfd.; die Hängesäulen sollen in einem Abstand von 12′ = 3,77 m von einander entfernt stehen, sowie eine Höhe von 14′ = 4,40 m erhalten. 1 Cub.-Meter Mauerwerk = 1600 Kilogr.

Antwort. Das Gewicht der Wand beträgt:

in rheinld. Maß: $\frac{(16 \cdot 36) - (14 \cdot 12)}{2} \cdot 100 = 20400$ Pfund.

in Metermaß: $[(5 \cdot 11{,}25) - (4{,}4 \cdot 3{,}75)] \cdot 0{,}15 \cdot 1600 =$ circa 10200 Kilogr.

Nach Fig. 196 Seite 93 ist:

$$D'' = \frac{11}{30} P = Q,$$

also der Druck in einer Hängesäule $= D'' = Q = \frac{20400 \cdot 11}{30}$ $= 7480$ Pfund resp. 3740 Kilogr.

1. Dimensionen einer Hängesäule.

$$f = \frac{7480}{K} = \frac{7480}{1000} \left(\text{für Meter } \frac{3740}{70}\right)$$

= circa $7^1/_2$ □″ resp. 53 □ cm,

also b = circa $2^3/_4$″ = 7 cm.

Der einen halben Stein starken Mauer wegen giebt man jedoch den Hängesäulen eine Breite von 5'' = 18 cm. Diese größere Stärke ist um so mehr geboten, da durch die Versatzungen die Hölzer bedeutend geschwächt werden.

2. Dimensionen des Hängeeisens bei einer Säule.

$$f = \frac{7480}{K} = \frac{7480}{10000} \left(\text{für Meter } \frac{3740}{700}\right) = {}^3/_4 \square'' = 5^1/_3 \square^{cm}.$$

In der Regel nimmt man, sebst wenn die statischen Berechnungen kleinere Querschnittdimensionen vorschreiben, nicht unter 1'' = $2^1/_4$ cm Breite, $^1/_4$ bis $^1/_2$'' = 0,6 bis 1,3 cm Dicke.

3. Dimensionen der Strebe.

Zur Bestimmung von deren Breite und Höhe gelten dieselben Formeln wie beim einfachen Hängewerke.

Der Strebenschub $R = \frac{Q}{\sin \alpha}$.

$$\sin \alpha = \frac{t}{\sqrt{l^2 + t^2}} = \frac{14}{\sqrt{12^2 + 14^2}} \left(\text{für Meter } \frac{4{,}40}{\sqrt{3{,}77^2 + 4{,}40^2}}\right)$$
$$= 0{,}7588.$$

$$\text{Demnach } R = \frac{7480}{0{,}7588} = 9872 \text{ Pfd. oder } \frac{3740}{0{,}7588} \text{ ca. } 4936 \text{ Kilogr.}$$

Sollen nun die Seiten der Streben sich wie 5 : 7 verhalten, so ist bei der Zerknickungsfestigkeit

$$b = \sqrt[4]{\frac{15\, R\, (l^2 + t^2)}{28\, E}},$$

$$\text{oder } b = \sqrt[4]{\frac{15 \cdot 9872\, [(12 \cdot 12)^2 + (14 \cdot 12)^2]}{28 \cdot 1500000}},$$

$$\text{für Metermaß: } \sqrt[4]{\frac{15 \cdot 4936 \cdot 377^2 + 440^2}{28 \cdot 105000}}.$$

$$\text{Demnach } b = 4'' = 11^{cm},$$
$$h : b = 7 : 5,$$
$$\text{folglich } h = 6'' = 16^{cm}.$$

Aus den schon mehrfach erwähnten Gründen würde man jedoch in der Praxis die Strebe 5 à 7'' = 13 à 18 cm stark zu machen haben. Nach der Zerdrückungs-Festigkeit ergeben sich folgende Dimensionen:

$$h = \sqrt{\frac{7\,R}{5\,K}} = \sqrt{\frac{7 \cdot 9872}{5 \cdot 800}} \left(\text{für Meter} \sqrt{\frac{7 \cdot 4936}{5 \cdot 56}}\right)$$
$$= 4{,}2'' = 11^{\text{cm}}.$$

Hieraus folgt, daß man die Dimensionen nach der Zerknickungsfestigkeit zu wählen hat.

4. Dimensionen des Spannbalkens.

Den Spannriegel kann man ebenfalls entweder nach der Zerknickungs- oder nach der Zerdrückungsfestigkeit berechnen. In der Regel wird der letztere Fall zu Grunde gelegt und zwar nach der Formel:

$$b = \sqrt{\frac{H}{K}}.$$

H ist der Horizontalschub = Q cotang α,

$$\text{cotang}\,\alpha = \frac{1}{t} = \frac{12 \cdot 12}{14 \cdot 14} \left(\text{für Meter} \frac{377^2}{440^2}\right) = 0{,}735.$$

$$\text{Demnach } b = \sqrt{\frac{7480 \cdot 0{,}735}{800}} \left(\text{für Meter} \sqrt{\frac{3740 \cdot 0{,}735}{56}}\right)$$
$$= 2{,}6'' = 7^{\text{cm}} \text{ im Quadrat.}$$

2. Das Sprengewerk.

Dasselbe hat ebenso wie das Hängewerk den Zweck die vertheilte Belastung des Balkens 2c. auf die Auflagsmauern zu übertragen. Während beim Hängewerke fast nur ein senkrechter Druck auf die Mauern entstand, verursacht das Sprengewerk einen starken Seitenschub, aus welchem Grunde dasselbe im Hochbau nur beschränkte Anwendung finden kann.

Man unterscheidet einfache, doppelte und mehrfache Sprengewerke oder Sprengeböcke je nach der Anzahl der Unterstützungen. Die Figuren 233—236 zeigen verschiedene Systeme, Fig. 237 und 238 giebt die Zusammensetzung des Hänge- und Sprengewerkes.

Die wesentlichsten Theile des Sprengewerkes sind die Streben, der Spannriegel und der Sprengewerksbalken.

Einfache Sprengewerke haben keine Spannriegel, sondern die Streben unterstützen direct den Balken. Bei größeren Sprengewerken sind Spannriegel erforderlich und außerdem Zangen, welche das Verschieben und Durchbiegen der Streben verhindern sollen.

Fig. 233 und 234.

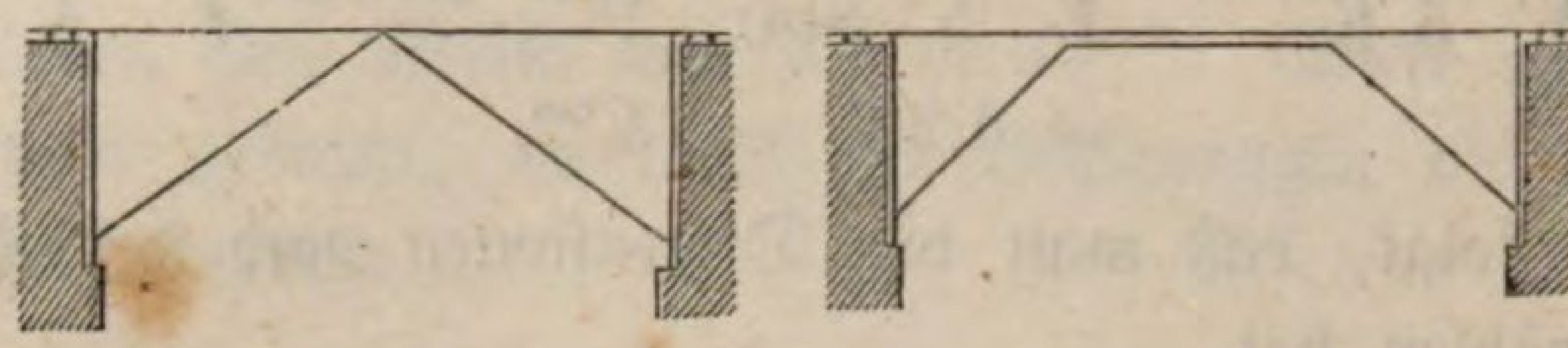
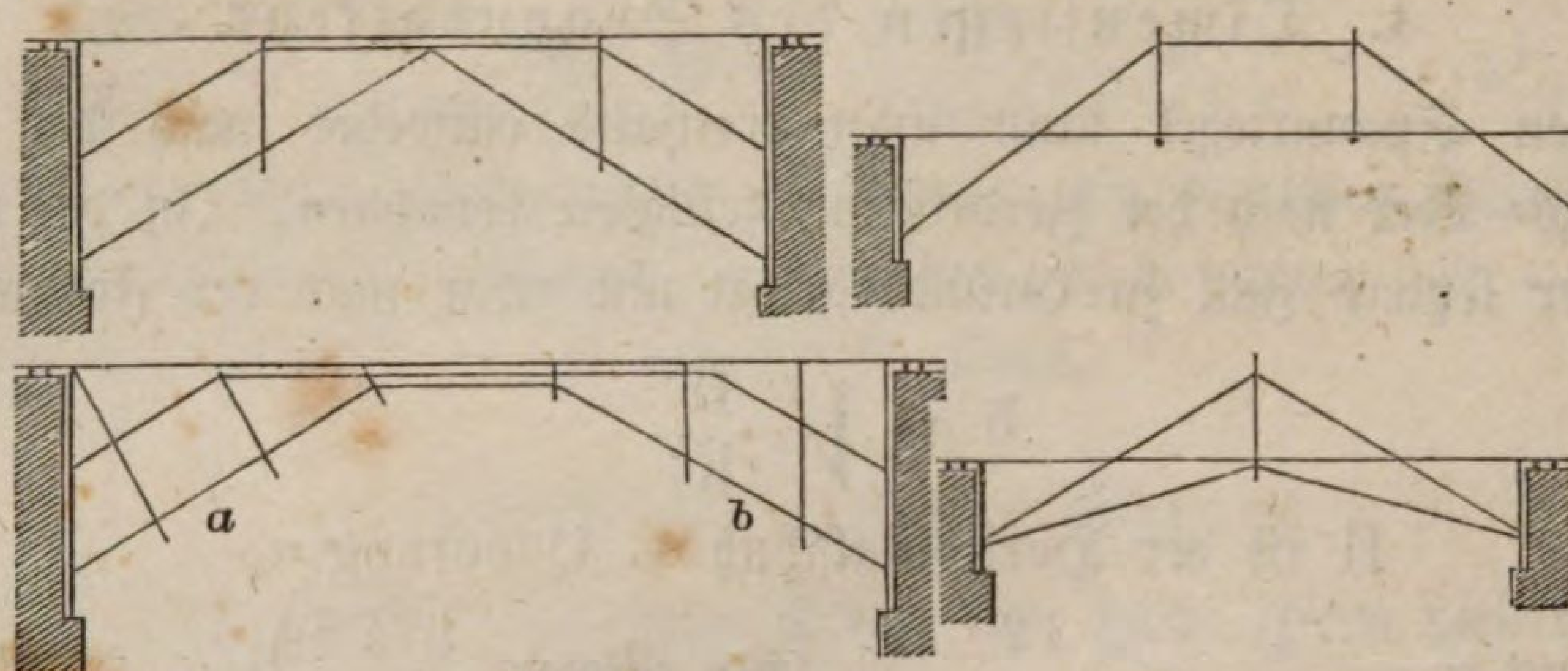


Fig. 235—238.



Das Auflager der Streben am Fußende.

Die Strebe setzt sich entweder lothrecht auf eine eiserne Platte (Fig. 239) oder mit Versatzung gegen einen Ständer (Fig. 240); letztere Art hat den Vortheil, daß der Druck gleichmäßig auf die Widerlagsmauern vertheilt wird.

Fig. 239.

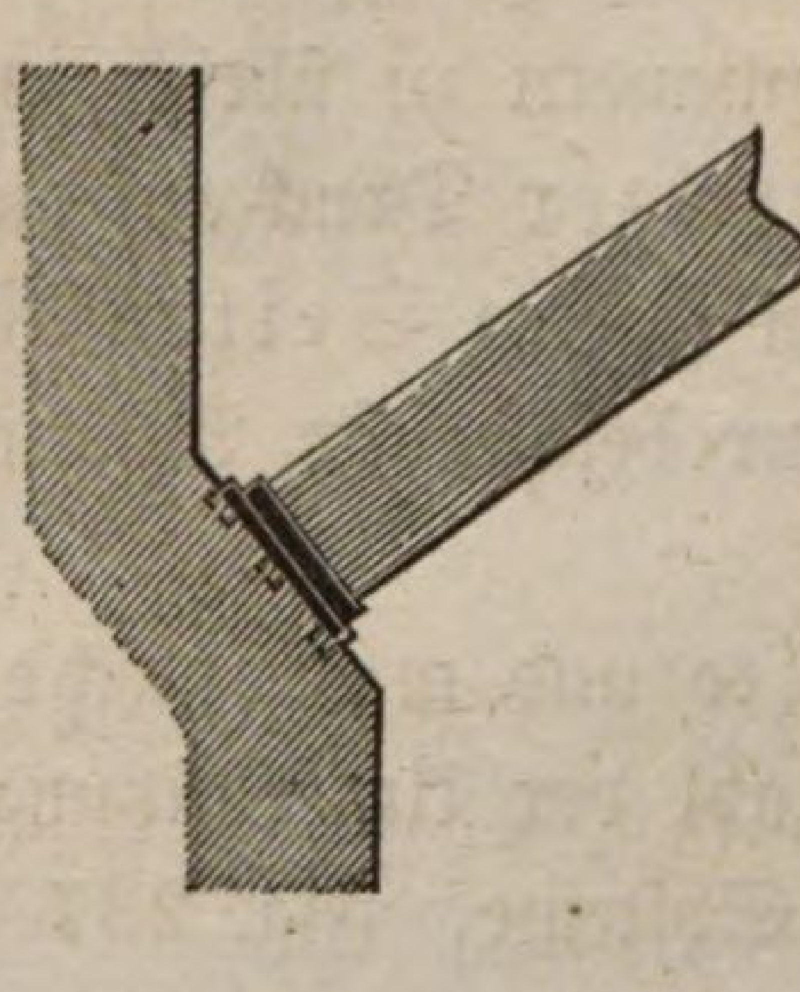
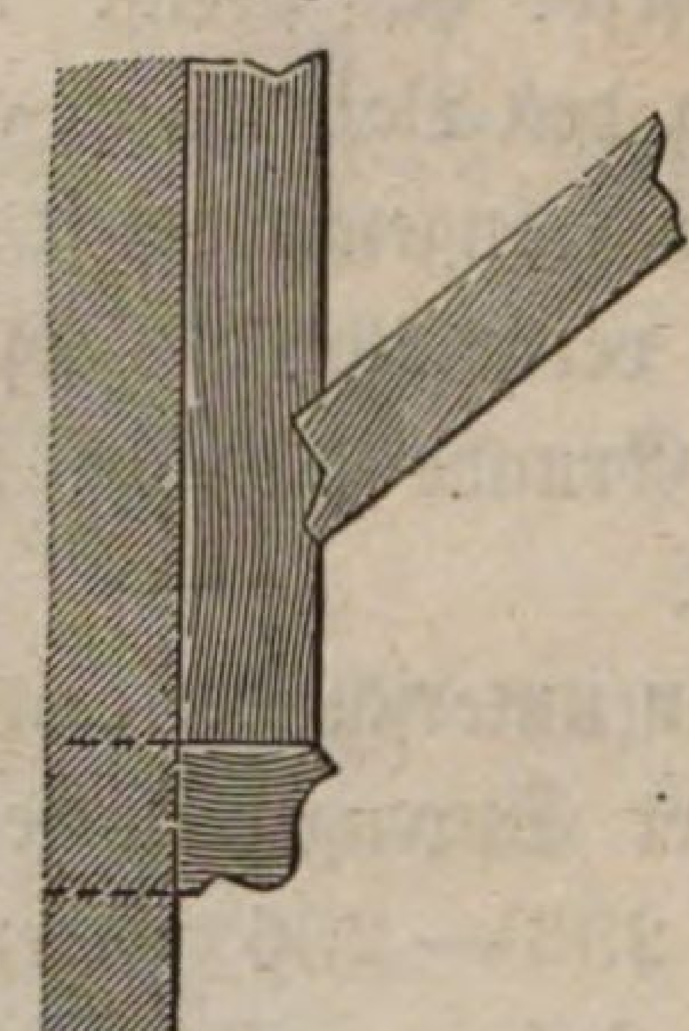


Fig. 240.



Befinden sich mehrere Sprengewerke nebeneinander, so können zwei Streben, wie Fig. 241 zeigt, ein gemeinschaftliches Widerlager erhalten.

Die Verbindung der Streben bei den einfachen, doppelten und mehrfachen Sprengewerken.

Dieselbe geschieht bei den einfachen Sprengewerken in der Regel derart, daß die Streben mit einer Klaue den Unterzug unterstützen

(Fig. 242), wodurch die gleichmäßige Belastung vom Balken auf die Widerlager übertragen wird.

Fig. 241.

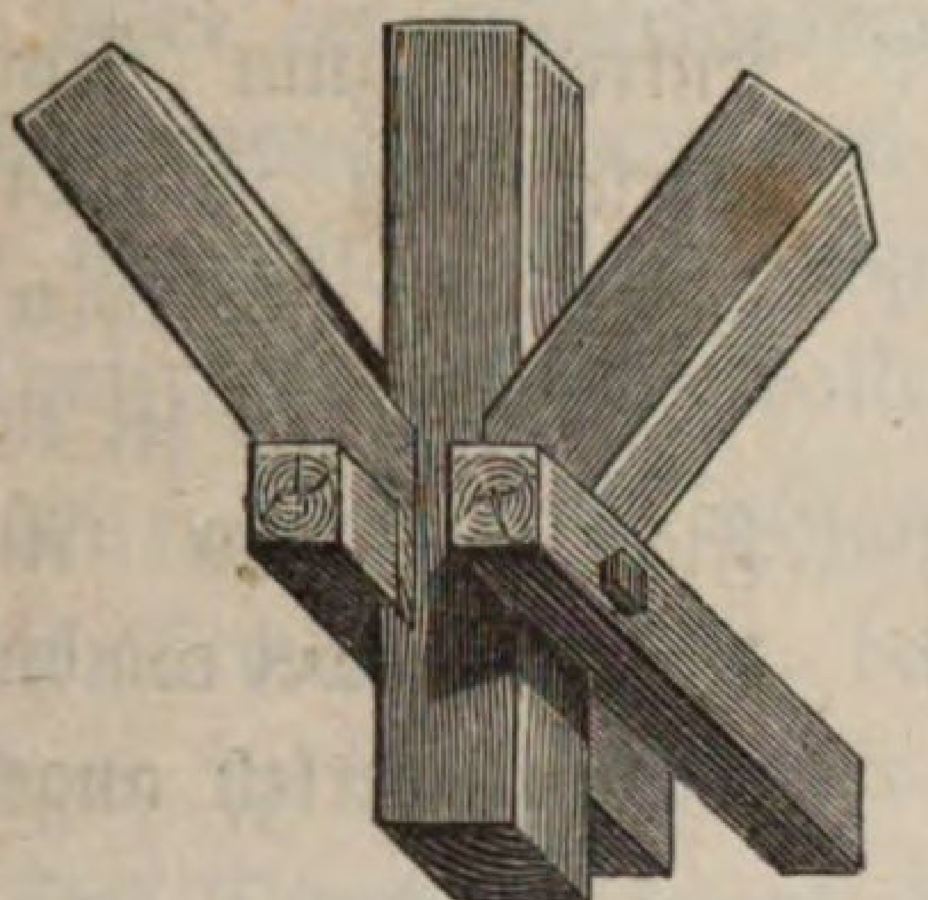
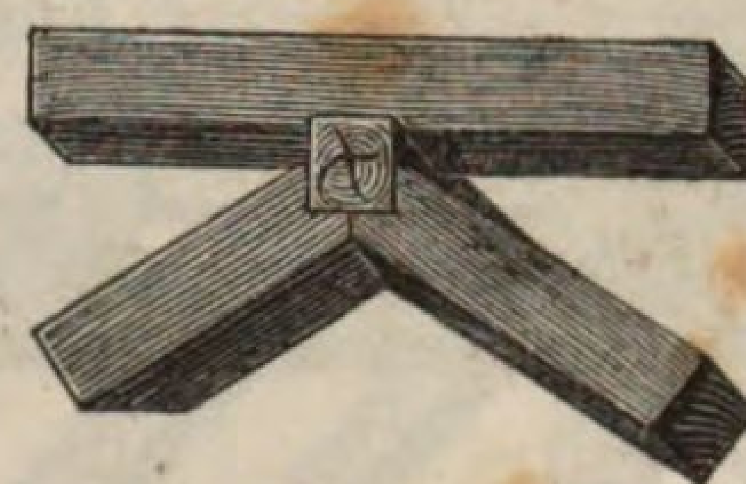
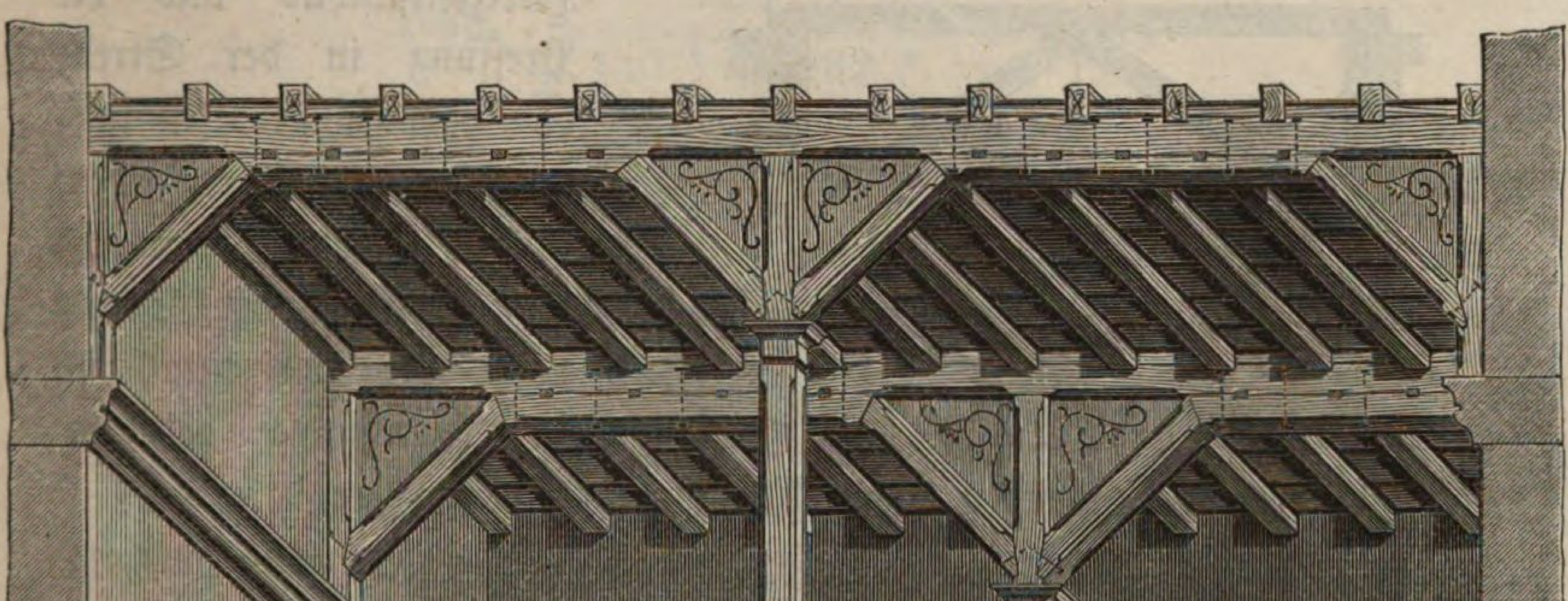


Fig. 242.



Bei dem doppelten und mehrfachen Sprengewerke hingegen muß gegen die Streben ein Gegendruck vorhanden sein, damit letztere in gewissem Abstande entfernt bleiben. Man legt deshalb einen Spannriegel stumpf gegen die Streben und verdübelt und verbolzt ihn mit dem darüber liegenden Balken (Fig. 243).

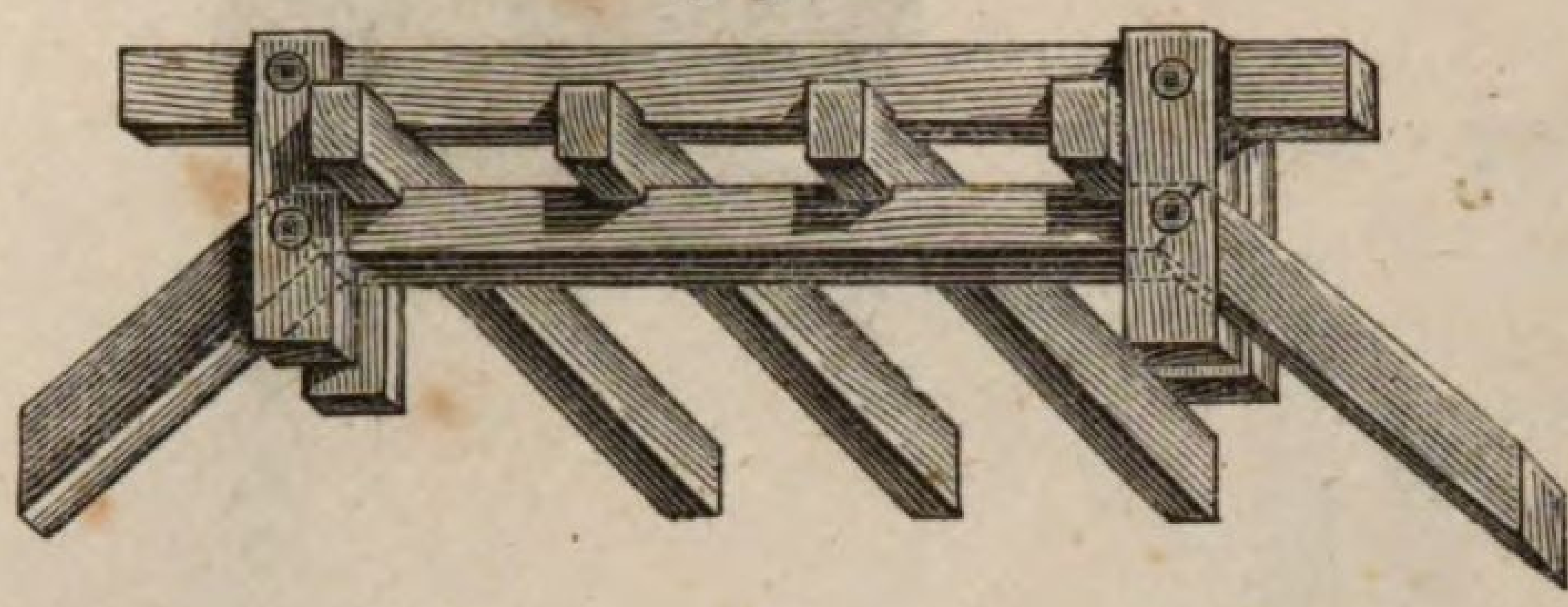
Fig. 243.



Die Querbalken liegen dann entweder auf dem Sprengewerksbalken, oder zwischen diesem und dem Spannriegel, so daß alle drei Hölzer miteinander verkämmt und fest verbolzt werden. Auch in diesem Falle setzt sich die Strebe stumpf gegen den Spannriegel. Um ein Verschieben dieses Knotenpunktes zu verhüten, umfassen einige Zangen die drei Hölzer zu beiden Seiten (Fig. 244).

Bei größeren Sprengewerken ist Gefahr vorhanden, daß die langen Streben sich leicht durchbiegen, weshalb sie durch Zangen aufgefangen und unterstützt werden müssen. Letztere pflegt man alsdann entweder senkrecht zur Strebe, oder senkrecht zum Sprengewerksbalken anzuordnen. (Siehe Fig. 236 bei a u. b.)

Fig. 244.



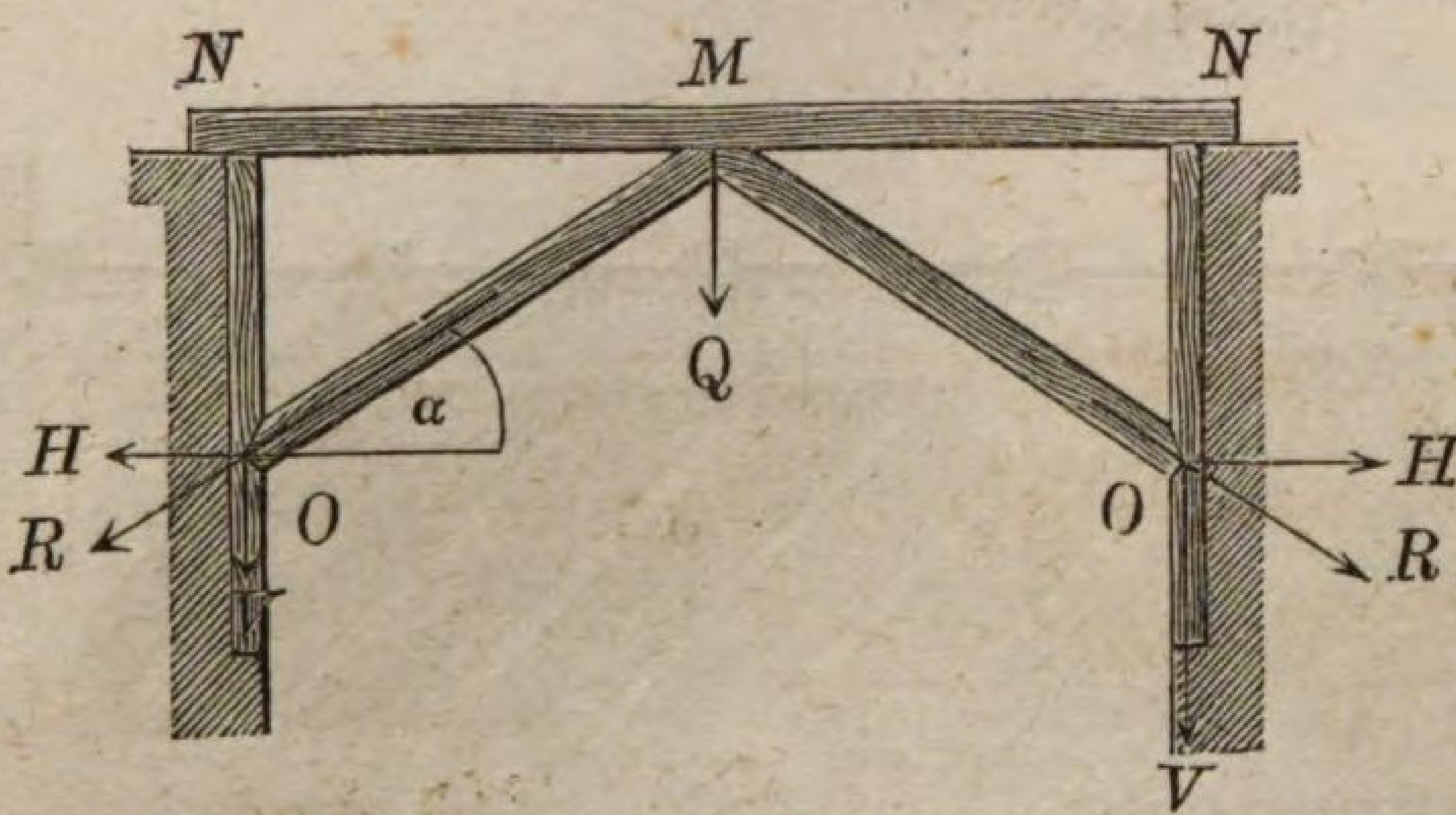
Schließlich sei noch in Fig. 243 eine Anwendung von zwei combinirten Sprengewerken angeführt.

Die Berechnung des Sprengewerks.

Das einfache Sprengewerk (Fig. 245).

Die Last wird in der Mitte des unterstützten Balkens nach M O und in senkrechter Richtung vertheilt.

Fig. 245.



Wie wir beim Hängewerk zeigten, wurde der Horizontalschub und die Pressung in der Strebe von dem Hängebalken aufgehoben; beim Sprengewerk hingegen wird besonders die Pressung der Strebe resp. der Horizontalschub in Anrechnung gebracht, was aus den nachfolgenden Bemerkungen leicht zu ersehen ist.

Bedeutet α den Neigungswinkel der Strebe gegen den Horizont, so beträgt die Pressung in der Strebe O M:

$$R = \frac{1}{2} \frac{Q}{\sin \alpha}$$

und der Horizontalschub von O aus:

$$H = \frac{1}{2} Q \operatorname{cotang} \alpha,$$

der Vertikaldruck $V = \frac{1}{2} Q$,

Q ist hier $= \frac{5}{8}$ der ganzen Belastung,

also $= \frac{5}{8}$ P.

Aufgabe. Es sollen die Dimensionen der Verbandhölzer eines einfachen Sprengewerkes bestimmt werden. Die gleichmäßig vertheilte Belastung, welche auf dem Sprengewerksbalken ruht, betrage 50000 Pfd., die Länge des Balkens sei 28′ resp. 8,79 m, ferner nehme man die ganze Höhe der Widerlagsmauer 21′ resp. 6,59 m, die Entfernung des Strebenstützpunktes von dem Balkenauflager 9′ resp. 2,82 m und diejenige der Binder 10′ resp. 3,14 m an; welche Dimensionen werden die Constructionstheile erhalten müssen?

Antwort. Die Belastung in der Mitte des Balkens, welche sich auf die Streben vertheilt, beträgt:

$$Q = {}^5/_8\ P \cdot 50000 \text{ Pfd.} = 31250 \text{ Pfd. resp. } 15625 \text{ Kilogr.}$$

Der Druck auf jedem Auflager des Spannbalkens ist:

$$Q = {}^3/_{16}\ P = {}^3/_{16} \cdot 50000 = 9375 \text{ Pfd. resp. } 4688 \text{ Kilogr.}$$

Die Pressung der Strebe wird bestimmt durch die Gleichung

$$R = {}^1/_2\ \frac{Q}{\sin \alpha} = {}^1/_2\ \frac{31250}{\sin \alpha} \text{ resp. } {}^1/_2\ \frac{15625}{\sin \alpha},$$

$$\sin \alpha = \frac{t}{\sqrt{l^2 + t^2}} = \frac{9 \cdot 12}{\sqrt{(14 \cdot 12)^2 + (9 \cdot 12)^2}}$$

$$\text{resp. } \frac{282}{\sqrt{440^2 + 282^2}} = 0{,}543.$$

$$\text{Demnach } R = {}^1/_2\ \frac{31250}{0{,}543} = 28698 \text{ Pfd. resp. } {}^1/_2\ \frac{15625}{0{,}543}$$
$$= \text{ca. } 14350 \text{ Kilogr.}$$

Der Vertikaldruck im Strebenfuße beträgt:

$$V = {}^1/_2\ Q = \frac{31250}{2} = 15625 \text{ Pfd. resp. } 7813 \text{ Kilogr.}$$

Der Horizontaldruck im Strebenfuße wird sein:

$$H = {}^1/_2\ Q \operatorname{cotang} \alpha = {}^1/_2 \cdot 31250 \operatorname{cotang} \alpha \text{ resp. } {}^1/_2 \cdot 15625 \operatorname{cotang} \alpha,$$

$$\operatorname{cotang} \alpha = \frac{l}{t} = \frac{14 \cdot 12}{9 \cdot 12} \text{ resp. } \frac{440}{282} = 1{,}555\ldots$$

$$\text{Demnach } H = {}^1/_2 \cdot 31250 \cdot 1{,}555\ldots = 24297 \text{ Pfd.}$$
$$\text{resp. } 12149 \text{ Kilogr.}$$

1. Dimensionen des Balkens.

Der Balken liegt an beiden Enden frei und ist in der Mitte auf den Unterstützungen als fest eingespannt zu betrachten, somit wird, wenn

die Breite zur Höhe sich verhält wie 5 : 7, und P gleich der halben, gleichmäßig vertheilten Belastung sein soll:

$$h = \sqrt[3]{\frac{21 \cdot P \cdot l}{40\,K}} = \sqrt[3]{\frac{21 \cdot 25000 \cdot 14 \cdot 12}{40 \cdot 1000}}$$

$$\text{resp. } \sqrt[3]{\frac{21 \cdot 12500 \cdot 440}{40 \cdot 70}} = \text{circa } 13'' \text{ resp. } 34^{\text{cm}},$$

$$\text{und } b = \frac{5}{7} \cdot 13 \text{ resp. } \frac{5}{7} \cdot 34 = \text{circa } 9\tfrac{1}{4}'' \text{ resp. } 25^{\text{cm}}.$$

2. Dimensionen der Streben.

Nehmen wir an, daß b eine Seite des quadratischen Querschnittes, E der Elastizitäts-Coefficient = 1500000 Pfund pro □'' resp. 105000 Kilogr. pro □$^{\text{cm}}$ sei, so erhalten wir für die Zerknickungsfestigkeit:

$$b = \sqrt[4]{\frac{3\,R\,(l^2 + t^2)}{4\,E}} = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot 28698\,[(14 \cdot 12)^2 + (9 \cdot 10)^2]}{4 \cdot 214000}}$$

$$\text{resp. } \sqrt[4]{\frac{3 \cdot 14350\,(440^2 + 282^2)}{4 \cdot 105000}} = \text{circa } 5'' \text{ resp. } 13^{\text{cm}}.$$

3. Stärke der Widerlagsmauern.

Betrachtet man das Widerlager als ein parallelopides, dessen Länge m, Höhe r und Breite s bezeichnet, ist ferner das Gewicht des Kubikinhalts g, so kann die Stärke der Widerlagsmauer bestimmt werden nach der Formel:

$$s = \frac{P}{2\,g\,r\,m} \pm \sqrt{\frac{2\,Q\,l\,(r - t)}{g\,m\,t\,r} + \left(\frac{P}{2\,g\,m\,r}\right)^2},$$

oder wenn P = 50000 Pfd., g = 160 Pfd., m = 10', Q = 31250 Pfd., r = 21', t = 9' ist, (beim Metermaß g = 2580 Kilogr.) so beträgt

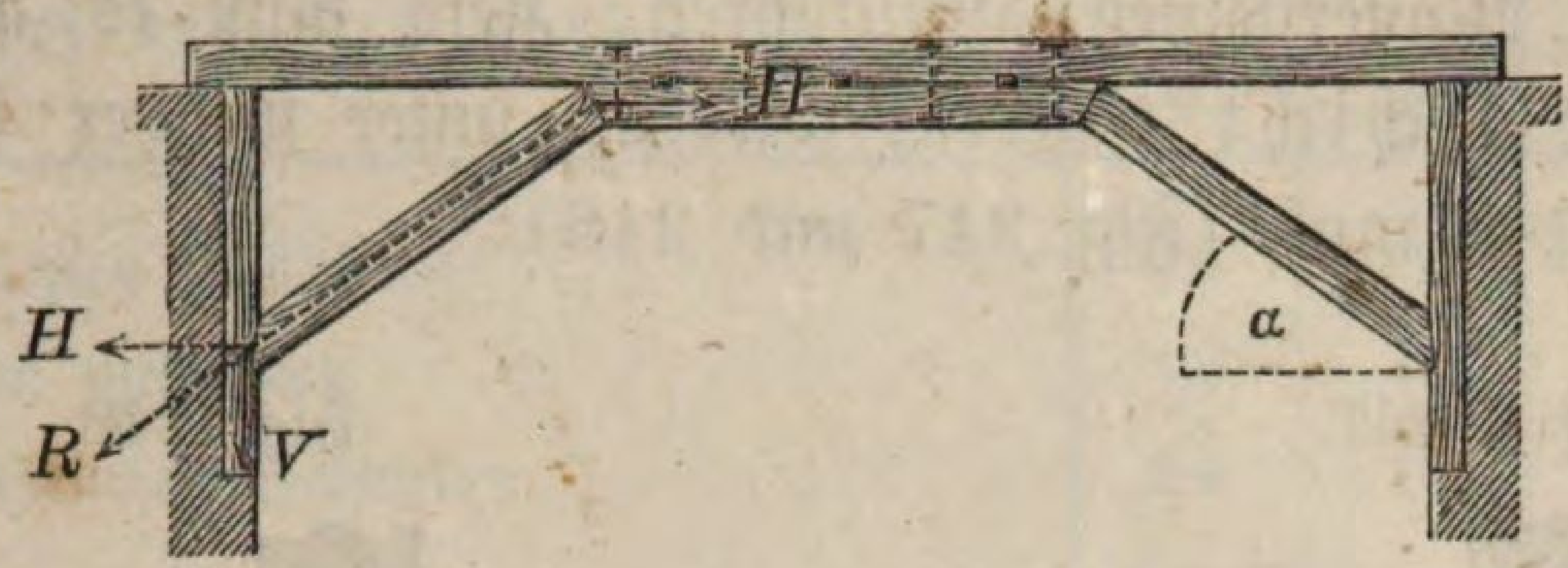
$$s = \frac{5000}{2 \cdot 160 \cdot 21 \cdot 10} \pm \sqrt{\frac{2 \cdot 31250\,(21 - 9)}{160 \cdot 10 \cdot 21 \cdot 9} + \left(\frac{50000}{2 \cdot 160 \cdot 10 \cdot 21}\right)^2}$$

$$= 4\tfrac{1}{4}' \text{ resp. } 1{,}33^{\text{m}}.$$

Das doppelte Sprengewerk (Fig. 246).

Wie schon erwähnt wurde, wird im doppelten Sprengewerke durch den Spannriegel dem Horizontalschub der beiden Streben Widerstand

Fig. 246.



geleistet und gleichzeitig der Sprengewerksbalken unterstützt. Sind nun die drei Zwischenräume einander gleich, so beträgt die vertheilte Belastung über den Streben-Unterstützungen:

$$Q = \frac{11}{30} P.$$

Verhalten sich die Endöffnungen zur Mittelöffnung wie 1 : 2 : 1, so erhalten wir für die Last auf den Mittelunterstützungen:

$$Q = \frac{13}{32} P$$

und für diejenigen auf den Endunterstützungen

$$Q = \frac{3}{32} P.$$

Die Pressung in den Streben wird sein:

$$R = Q \sin \alpha.$$

(Das Eigengewicht der Strebe haben wir dabei nicht berücksichtigt.) Der Horizontaldruck im Spannriegel ist gleich demselben im Strebenwiderlager, also:

$$H = Q \text{ cotang } \alpha,$$

während der Vertikaldruck am Strebenwiderlager

$$V = \tfrac{1}{2} Q \text{ bleibt.}$$

Die Fachwerkswände.

Man unterscheidet im Wesentlichen die gewöhnlichen kurzen Fachwerkswände, welche in jeder Etage einen Abschluß finden, von denjenigen, deren Stiele in der ganzen Höhe des Gebäudes durchgehen. Beide Arten bestehen aus Schwellen, Rähmen, Riegeln, Eck- und Mittelstielen und Streben.

Jede Fachwerkswand muß auf einem massiven Fundament stehen, welches mindestens 0,6 m (2′) hoch sein soll, damit das Spritz-

wasser die Schwellen nicht erreicht. Das Fundament ist entweder aus Bruch- oder Mauersteinen aufzuführen, stets muß es aber oberhalb mit einer Rollschicht abgedeckt werden, unter welcher sich eine Isolirschicht befinden muß (Fig. 247 und 248).

Fig. 247.

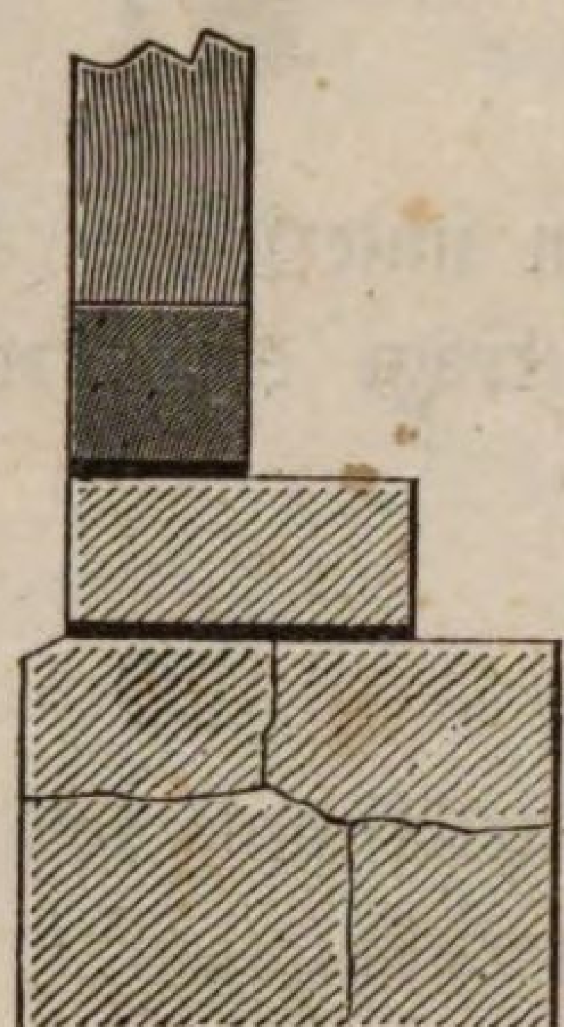
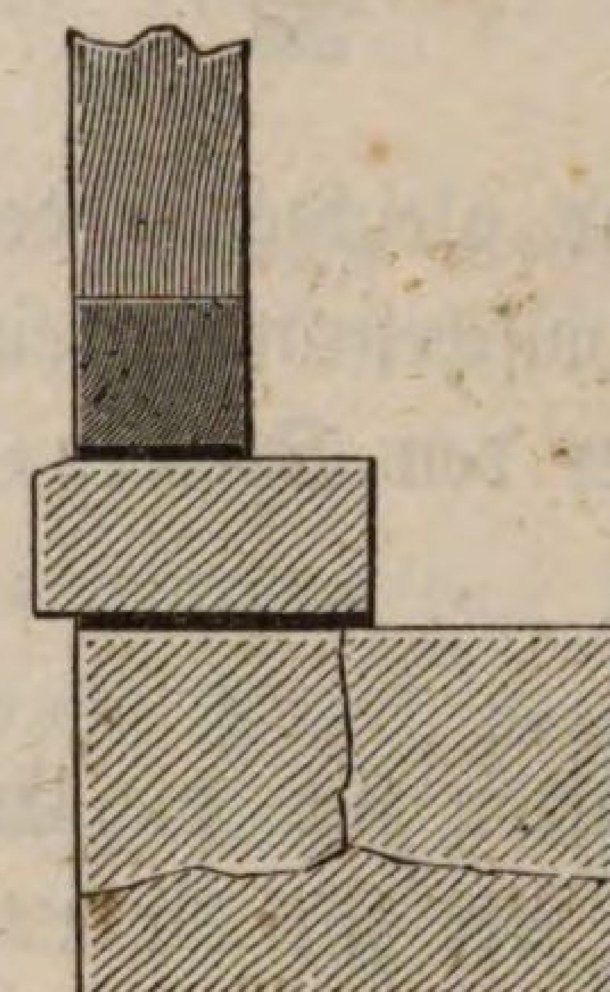


Fig. 248.



Auf der Rollschicht liegt

Die Schwelle.

Diese soll den Druck des Gebäudes gleichmäßig auf das Fundament vertheilen und den Wandständern ein sicheres Auflager gewähren (Fig. 248 a). Zu diesem Behufe ist es rathsam, sie so breit als möglich zu machen.

Es ist zweckmäßig, die Schwelle aus Eichenholz zu fertigen, damit sie den Witterungseinflüssen besser widerstehen kann; bei inneren Fachwerkswänden genügt jedoch Tannenholz.

Die Breite der Schwelle wird der betreffenden Wanddicke entsprechend gemacht, doch kommt, um für die Fußbodenbretter ein sicheres Auflager zu gewinnen, noch $2\frac{1}{2}$ cm (1″) an Breite hinzu.

Die Höhe der Schwelle richtet sich nach der Last und Anzahl der Ständer; ferner danach, ob starke Erschütterungen, wie z. B. bei Fabriken 2c., zu befürchten sind. Die Eckverbindung der Schwellen ist aus Fig. 156 und 157 zu ersehen.

Man kann folgende Dimensionen für die Stärken der Schwellen annehmen:

Art des Gebäudes.	Höhe.		Breite.	
	cm.	Zoll.	cm.	Zoll.
Bei ganz leichten Gebäuden	13	5	21	8
Bei mittleren Gebäuden	16	6	29	11
Bei stark belasteten Gebäuden	24	9	32—37	14—12

Weniger als 13 cm (5″) Höhe darf nicht angenommen werden.

Das Rahmholz.

Dasselbe nimmt die Ständerzapfen auf und schließt die Fachwerkswand oberhalb ab. Seine Verbindung mit den darüber liegenden Balken geschieht mit Verkämmungen (Tafel 9 bei b).

Da die Rähme vom Mauerwerk unterstützt werden, so ist eine Höhe von 16 cm (6″) bei mittleren Gebäuden ausreichend. Die Breite richtet sich jedoch nach der Dicke der Ständer, so daß das Rahmholz mit der darüber stehenden Wand bündig liegt.

Die Ständer, Stiele oder Pfosten,

auch Säulen genannt, können sowohl in den Ecken, als auch in der Mitte der Umfassungs- resp. Scheidewände (Tafel 9 c und d) stehen, wonach man Eck-, Thür-, Fensterpfosten ꝛc. unterscheidet.

Die Eckstiele werden stärker als die übrigen Pfosten gemacht, da sie einen größeren senkrechten Druck auffangen und da sie mehr der Witterung ausgesetzt sind. Bei soliden Gebäuden werden sie dieserhalb stets aus Eichenholz gemacht.

Die Verbindung der Stiele mit der Schwelle und dem Rahmholz geschieht mit einfachem Zapfen und hölzernen Nägeln.

Je nach der Größe des Gebäudes, der Stärke der Ständer und der Ausfüllung der Fächer kann die Entfernung der Stiele 0,9 bis 1,9 m (3 — 6′) betragen. Werden außerdem noch Streben zwischen die Stiele gestellt, so kann man die Entfernung, selbst bei höheren Fachwerken, 2,5 m (8′) annehmen, bei den mit Brettern verschalten Fachwänden hingegen ist eine größere Entfernung, als die oben gegebene, nicht zulässig.

Die Dicke der Pfosten richtet sich nach dem Ziegelformat, d. h. also, ob die Wand ½ oder 1 Stein stark ausgemauert werden soll.

Bei leichten kleinen Gebäuden pflegt man sogenannte Kreuzhölzer anzuwenden.

Um bei größeren Gebäuden annähernd einige Anhaltspunkte für die Stärke der Ständer, besonders der Eckständer, zu haben, diene folgende Tabelle, bei welcher der Querschnitt des Pfostens in □^{cm} resp. □" (in abgerundeten Werthen) angegeben ist.

Tabelle für die Stärke der Eckständer aus Tannenholz.

Stielhöhe in		Höhe des ganzen Gebäudes.													
		bei 6,3^{m} (20')		bei 7,8^{m} (25')		bei 9,4^{m} (30')		bei 11^{m} (35')		bei 12,1^{m} (40')		bei 14,1^{m} (45')		bei 15,7^{m} (50')	
Metern.	Fußen.	□^{cm}	□"	□^{cm}	□"	□^{cm}	□"	□^{cm}	□"	□^{cm}	□"	□^{cm}	□"	□^{cm}	□"
2,5	8	400	58	480	70	550	80	620	90	650	95	700	102	760	110
2,8	9	440	64	510	75	580	85	650	95	700	102	760	110	830	120
3,2	10	500	70	540	79	630	92	700	102	760	110	830	120	880	128
3,5	11	520	75	580	85	670	97	760	110	800	115	870	126	900	132
3,8	12	540	78	620	90	700	102	810	118	870	126	920	134	980	142
4,1	13	550	81	650	95	740	107	836	122	910	132	960	140	1060	155
4,4	14	600	88	700	102	790	115	863	126	960	140	1000	149	1110	161
4,7	15	630	92	750	108	830	120	910	133	980	144	1060	155	1150	167
5,0	16	650	95	760	110	870	126	960	140	1000	149	1110	161	1180	173
5,3	17	696	100	790	115	890	130	986	144	1080	157	1170	170	1260	184
5,7	18	700	102	830	120	930	135	1027	150	1130	164	1220	177	1290	188

Die Dimensionen der Thür- und Fensterstiele sind in der Regel etwas kleiner als diejenigen der Eckstiele.

Die Dimensionen starkbelasteter Pfosten pflegt man statisch zu berechnen, denn besonders bei außergewöhnlichen Belastungen giebt das praktische Gefühl selten den richtigen Aufschluß; meistens wählt man zu große Dimensionen, wodurch die Construction unnöthig vertheuert wird. Es mögen daher folgende Betrachtungen bei geeigneten Fällen beachtet werden.

Im Allgemeinen ist zu erwähnen, daß der Ständer auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen wird, und daß sein Tragvermögen, im geraden Verhältnisse zum Querschnitte und im umgekehrten Verhältnisse zur Länge steht, d. h. die Tragfähigkeit eines Ständers nimmt mit der Zunahme der Höhe ab, so daß größere Querschnitts-

dimensionen nöthig werden, während wiederum mit der Zunahme der Querschnittsdimensionen sich die Tragfähigkeit des Ständers vergrößert.

Wie wir bei der Berechnung der Träger sehen, vertheilt sich die Belastung auf die Unterstützungen, je nach der Entfernung derselben von einander, sehr verschiedenartig. Demnach müssen die Querschnittsdimensionen der einzelnen Stützen besonders berechnet werden.

Die rückwirkende Festigkeit kann sich äußern, entweder durch Zerdrücken (Zermalmen) oder Durchbiegen (Zerknicken) der Stütze. Ersteres ist bei Holzconstructionen im Hochbau selten zu fürchten, während Letzteres bei allen hölzernen Säulen, deren Höhe 10 bis 15 mal größer als die kleinste Seite des rechteckigen oder quadratischen Querschnitts ist, vorkommt. Die Widerstandskraft der Säule oder des Pfostens ist jedoch nicht nur abhängig von der Länge, sondern auch von dem Material und der Befestigungsweise des oberen und unteren Endes der Stütze.

Hinsichtlich des Materials unterscheiden wir hier das Tannenholz von dem Eichenholz und zwar beträgt

für Tannenholz der Elasticitäts-Coefficient E = 1500000 Pfd. pro □", pro □^{cm} 105000 Kilogr.,

der Coefficient gegen Bruch, bei 10facher Sicherheit K = 800 Pfd. pro □', 56 Kilogr. pro □^{cm},

für Eichenholz E = 1700000 Pfd. pro □", pro □^{cm} 122500 Kilogr., K = 1000 Pfd. pro □", 70 Kilogr. pro □^{cm}.

Die Befestigung der Säule resp. des Pfostens kann in 4 verschiedenen Weisen geschehen, nämlich:

I. Der Fuß der Stütze ist fest eingespannt (eingemauert rc.) und das obere Ende beweglich.

II. Beide Enden sind frei, jedoch die Endpunkte der Axe bleiben normal.

III. Das untere Ende der Stütze ist fest eingespannt, während das obere beweglich ist, jedoch die ursprüngliche Lage nicht verläßt, so daß der Endpunkt über dem Fußpunkte normal bleibt.

IV. Beide Enden sind fest eingespannt und die Endpunkte der Axe bleiben normal.

Die Maximalbelastung, welche einen Bruch verursachen würde, läßt sich für alle 4 Fälle durch folgende Grundgleichung ausdrücken:

$$\text{Maxim. } P = 2\,\frac{J\,E}{l^2},\text{*)}$$

wobei l in Fußen oder Metern zu nehmen ist, und J das Trägheitsmoment des Querschnittes bedeutet.

Da jedoch diese Maximalbelastung niemals erreicht werden darf, sondern bei Holz 10fache Sicherheit in Anrechnung zu bringen ist, so ergiebt sich:

$$P = {}^1/_{10} \cdot \frac{2 \cdot E\,J}{l^2},$$

oder nach Einsetzung der betreffenden Werthe:

für Tannenholz $P = {}^1/_{10} \cdot \frac{2 \cdot 1500000 \cdot J}{(12 \cdot 12)\,l^2}$ resp. ${}^1/_{10} \cdot \frac{2 \cdot 105000 \cdot J}{(100 \cdot 100)\,l^2}$

$$= 2083\,\frac{J}{l^2} \text{ resp. } 2{,}1\,\frac{J}{l^2},$$

für Eichenholz $P = {}^1/_{10} \cdot \frac{2 \cdot 1700000 \cdot J}{(12 \cdot 12)\,l^2}$ resp. ${}^1/_{10} \cdot \frac{2 \cdot 1225000 \cdot J}{(100 \cdot 100)\,l^2}$

$$= 2361\,\frac{J}{l^2} \text{ resp. } 2{,}45\,\frac{J}{l^2}.$$

Nun ist bei dem rechteckigen Querschnitt $J = {}^1/_{12}\,b\,h^3$,

und bei dem quadratischen Querschnitt $J = \frac{1}{12}\,h^4$,

wobei h die kleinere und b die größere Seite des rechteckigen Querschnitts in Zollen resp. Centimetern bedeutet, folglich erhält man für den

I. Fall $P = \frac{1}{10} \cdot \frac{2\,E\,J}{l^2}$;

demnach für Tannenholz in rheinländ. Maß resp. Metermaß:

a. bei rechteckigem Querschnitt $P = 174\,\frac{b\,h^3}{l^2}$ resp. $0{,}175\,\frac{b\,h^3}{l^2}$,

b. bei quadratischem Querschnitt $P = 174\,\frac{h^4}{l^2}$ resp. $0{,}175\,\frac{h^4}{l^2}$;

für Eichenholz in rheinländ. Maß resp. Metermaß:

a. bei rechteckigem Querschnitt $P = 197\,\frac{b\,h^3}{l^2}$ resp. $0{,}2\,\frac{b\,h^3}{l^2}$,

b. bei quadratischem Querschnitt $P = 197\,\frac{h^4}{l^2}$ resp. $0{,}2\,\frac{h^4}{l^2}$.

---

*) Navier stellt folgende Gleichung auf:

$$\text{Maxim. } P = \frac{\pi^2}{4} \cdot E \cdot \frac{J}{l^2} = 2{,}4771\,E \cdot \frac{J}{l^2}.$$

II. Fall. $P = 4 \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{2\,E\,J}{l^2}$;

demnach für Tannenholz in rheinländ. Maß resp. Metermaß:

a. bei rechteckigem Querschnitt $P = 696\,\frac{b\,h^3}{l^2}$ resp. $0{,}7\,\frac{b\,h^3}{l^2}$,

b. bei quadratischem Querschnitt $P = 696\,\frac{h^4}{l^2}$ resp. $0{,}7\,\frac{h^4}{l^2}$;

für Eichenholz in rheinländ. Maß resp. Metermaß:

a. bei rechteckigem Querschnitt $P = 788\,\frac{b\,h^3}{l^2}$ resp. $0{,}8\,\frac{b\,h^3}{l^2}$,

b. bei quadratischem Querschnitt $P = 788\,\frac{b\,h^4}{l^2}$ resp. $0{,}8\,\frac{h^4}{l^2}$.

III. Fall. $P = 8 \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{2\,E\,J}{l^2}$;

demnach für Tannenholz in rheinländ. Maß resp. Metermaß:

a. bei rechteckigem Querschnitt $P = 1392\,\frac{b\,h^3}{l^2}$ resp. $1{,}4\,\frac{b\,h^3}{l^2}$,

b. bei quadratischem Querschnitt $P = 1392\,\frac{h^4}{l^2}$ resp. $1{,}4\,\frac{h^4}{l^2}$;

für Eichenholz:

a. bei rechteckigem Querschnitt $P = 1576\,\frac{b\,h^3}{l^2}$ resp. $1{,}6\,\frac{b\,h^3}{l^2}$,

b. bei quadratischem Querschnitt $P = 1576\,\frac{h^4}{l^2}$ resp. $1{,}6\,\frac{h^4}{l^2}$.

IV. Fall. $P = 16 \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{2\,E\,J}{l^2}$;

demnach für Tannenholz in rheinländ. Maß resp. Metermaß:

a. bei rechteckigem Querschnitt $P = 2784\,\frac{h^4}{l^2}$ resp. $2{,}8\,\frac{h^4}{l^2}$,

b. bei quadratischem Querschnitt $P = 2783\,\frac{b\,h^3}{l^2}$ resp. $2{,}8\,\frac{b\,h^3}{l^2}$;

für Eichenholz:

a. bei rechteckigem Querschnitt $P = 3152\,\frac{b\,h^3}{l^2}$ resp. $3{,}2\,\frac{b\,h^3}{l^2}$,

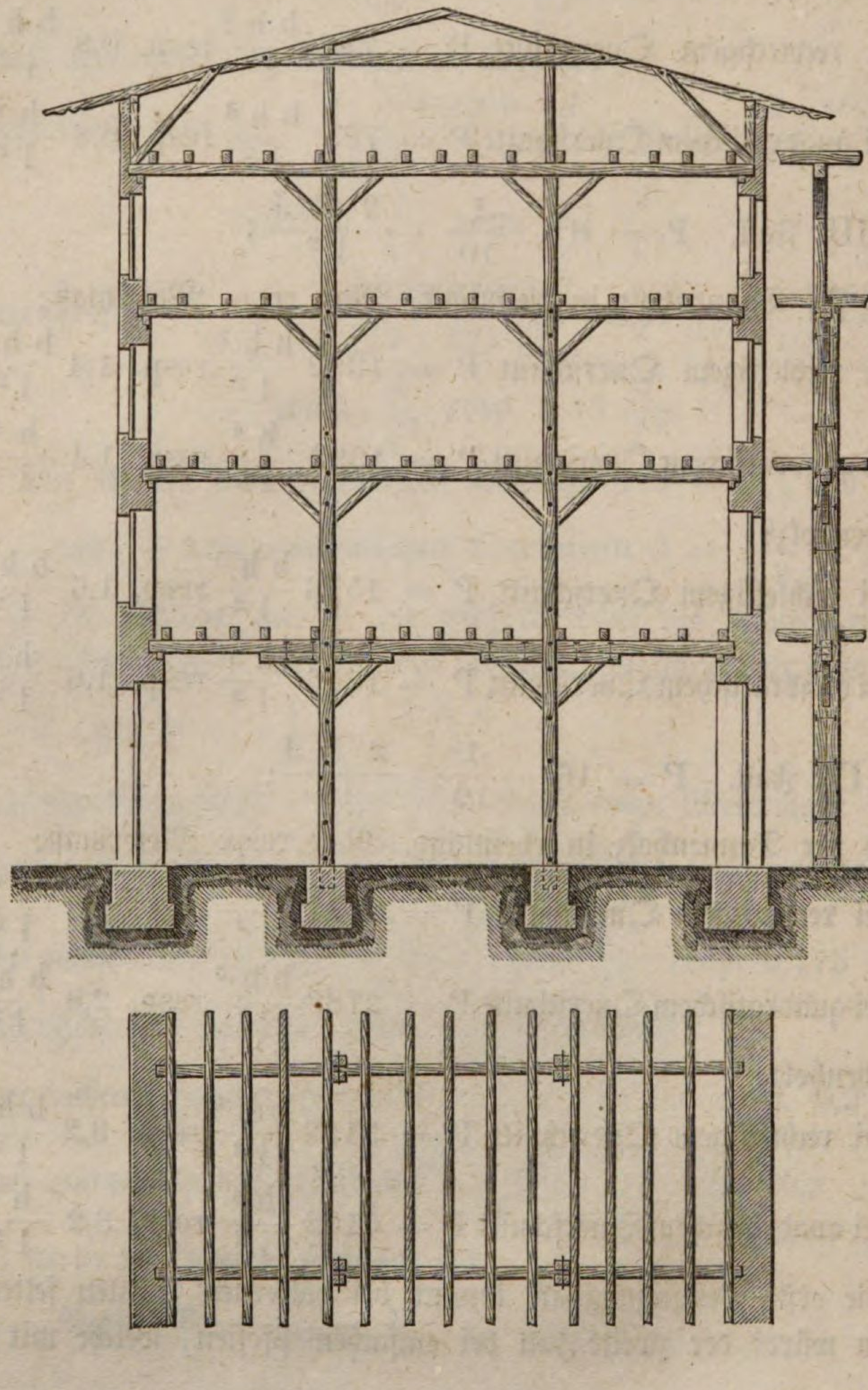
b. bei quadratischem Querschnitt $P = 3152\,\frac{h^4}{l^2}$ resp. $3{,}2\,\frac{h^4}{l^2}$.

Die erste Befestigungsart kommt bei hölzernen Säulen selten vor; hingegen würde der zweite Fall bei einfachen Pfosten, welche mit Zapfen

in Schwelle und Rahmholz greifen, zu berücksichtigen sein. Der dritte Fall kommt meistens bei einfachen eisernen Säulen und der vierte bei durchgehenden eisernen oder hölzernen Säulen resp. Ständern in Anwendung.

Aufgabe. Ein Kornspeicher von 4 Stockwerk Höhe soll hölzerne Balkenlage und hölzerne durchgehende (gekuppelte) Pfosten erhalten, welche

Fig. 249 a b.



Dimensionen sind für die einzelnen Constructionstheile erforderlich? (Fig. 249 a b.)

Die Entfernung der Balken betrage von Mitte zu Mitte . 3′ (0,9 ^{m}),
" " des Unterzuges " " " " " 12′ (3,77 ^{m}),
" ganze Breite des Speichers . . . . 42′ (13,2 ^{m}),
" Endöffnungen der Unterstützungen . . . . . . 12′ (3,77 ^{m}),
" Mittelöffnungen der " . . . . . . 18′ (5,65 ^{m}),
" Höhe des Parterres oder 1. Stockwerkes . . . 16′ (5 ^{m}),
" " " 2. Stockwerkes . . . . 12′ (3,77 ^{m}),
" " " 3. " . . . . 11′ (3,45 ^{m}),
" " " 4. " . . . . 10′ (3,14 ^{m}),
" Eigenbelastung der Balkenlage betrage 30 Pfd. pro □′ (150 Kilogr. pro □ ^{m}),
" fremde Belastung der " " 90 Pfd. pro □′ (450 Kilogr. pro □ ^{m}).

Antwort 1. Die Dimensionen des Balkens berechnen sich, wenn $b = \frac{5}{7}\,h$ ist, nach den Formeln in rheinld. Maß resp. Metermaß (Seite 86):

$$h = \sqrt[3]{\frac{7\,(p+q)\,a\,l^2}{960\;K}} \text{ resp. } \sqrt[3]{\frac{7\,(p+q)\,a\,l^2}{6665\;K}}$$

$$b = \frac{5}{7}\sqrt[3]{\frac{7\,(p+q)\,a\,l^2}{960\;K}} \text{ resp. } \frac{5}{7}\sqrt[3]{\frac{7\,(p+q)\,a\,l^2}{6665\;K}},$$

oder

$$h = \sqrt[3]{\frac{7\,(30+90)\cdot 36\cdot 144\cdot 144}{960\cdot 1000}}$$

$$\text{resp. } \sqrt[3]{\frac{7\,(150+450)\cdot 90\cdot 377^2}{6665\cdot 70}},$$

$$h = \text{circa } 8^3/_4{}'' \;(23^{\,cm}),$$

$$b = \frac{5}{7}\sqrt[3]{\frac{7\,(30+90)\cdot 36\cdot 144\cdot 144}{960\cdot 1000}} = \text{ca. } 6^1/_4{}'' \;(16^{\,cm}).$$

Antwort 2. Der Endbalken liegt mit einem Ende frei auf und ist mit dem andern fest eingespannt, demnach beträgt die Tragfähigkeit eines solchen Balkens:

$$P = \frac{4}{3}\;K\;\frac{b\,h^2}{l},$$

so ist, wenn das Eigengewicht des Endbalkens 400 Pfd. resp. 200 Kilogr. angenommen wird,

$$17680 = \frac{4}{3} \cdot 1000 \frac{b\,h^2}{12 \cdot 12} \text{ resp. } 8840 = \frac{4}{3} \cdot 70 \frac{b\,h^2}{377},$$

$$b\,h^2 = \frac{3 \cdot 144 \cdot 17680}{4 \cdot 1000} \text{ resp. } b\,h^2 = \frac{3 \cdot 377 \cdot 8840}{4 \cdot 70},$$

oder wenn $b = \frac{5}{7} h$ ist,

$$h = \sqrt[3]{\frac{7 \cdot 3 \cdot 144 \cdot 17680}{5 \cdot 4 \cdot 1000}} \text{ resp. } h = \sqrt[3]{\frac{7 \cdot 3 \cdot 377 \cdot 8840}{5 \cdot 4 \cdot 70}},$$

$h = 14''$ resp. 37^{cm},

$b = {}^5/_7{}'' \cdot 14 = 10''$ resp. $b = {}^5/_7 \cdot 37 = 27^{cm}$.

Antwort 3. Der quadratische Querschnitt des Pfostens aus Tannenholz wird berechnet nach der Formel:

$$P = 2784 \frac{h^4}{l^2} \text{ resp. } 2{,}8 \frac{h^4}{l^2}.$$

Die ganze Belastung, die auf dem Unterzuge ruht, beträgt:

		Pfd.		Kilogr.
Eigengewicht	$= 42 \cdot 12 \cdot 30 =$	15120 resp.	$13{,}2 \cdot 3{,}77 \cdot 150 =$	7560
fremde Belastung	$= 42 \cdot 12 \cdot 90 =$	45360 resp.	$13{,}2 \cdot 3{,}77 \cdot 450 =$	22680
Eigengewicht des Unterzuges	=	1500 resp.	=	750
Total-Belastung	=	61880 resp.		30990

Diese Belastung vertheilt sich nun auf die Stützen mit

$$Q_1 = P \frac{(1 - v)(1 + v - v^2)}{4\,v(3 - 4\,v)},$$

wobei v das Verhältniß der Endöffnung zur ganzen Länge des Unterzuges bedeutet,

$$\text{also } 42 : 12 = \frac{12}{42} = \frac{2}{7} \text{ resp. } 13{,}2 : 3{,}77 = \frac{3{,}77}{13{,}2} = \frac{2}{7},$$

$$\text{folglich } Q_1 = 61880 \text{ (resp. } 30990) \frac{\left(1 - \frac{2}{7}\right)\left(1 + \frac{2}{7} - \left(\frac{2}{7}\right)^2\right)}{4 \cdot \frac{2}{7}\left(3 - 4 \cdot \frac{2}{7}\right)}$$

$$= 25061 \text{ Pfd. resp. } 12530^1/_2 \text{ Kilogr.}$$

Setzen wir nun $Q^1 = P$, so sei

$$25061 = 2784 \frac{h^4}{l^2} \text{ resp. } 12530^1/_2 = 2,8 \frac{h^4}{l^2}.$$

Der Pfosten in der 4. Etage hat eine Höhe von 10′ resp. 3,14 m,

folglich $25061 = 2784 \cdot \frac{h^4}{10 \cdot 10}$ resp. $12530^1/_2 = 2,8 \frac{h^4}{3,14 \cdot 3,14}$,

oder $h = \sqrt[4]{\frac{25061 \cdot 100}{2754}}$ resp. $\sqrt[4]{\frac{12530^1/_2 \cdot (3,14 \cdot 3,14)}{2,8}}$,

h = cr $5^1/_2$″ resp. 14 cm.

Antwort 4. Der Pfosten an der 3. Etage erhält folgende Dimensionen:

Da seine Höhe 11′ resp. $3^1/_2$ m beträgt, so wird sein

$$P = 2784 \frac{h^4}{l^2} = 2784 \frac{h^4}{11 \cdot 11} \text{ resp. } 2,8 \frac{h^4}{3^1/_2 \cdot 3^1/_2}.$$

Belastung von der 3. Etage	25061	Pfd.	resp.	$12530^1/_2$	Kilogr.,
" " " 4. "	25061	"	"	$12530^1/_2$	"
Totalbelastung	50122	Pfd.	resp.	25061	Kilogr.,

folglich $50122 = 2784 \frac{h^4}{11 \cdot 11}$ resp. $25061 = 2,8 \frac{h^4}{3,5 \cdot 3,5}$,

$$h = \sqrt[4]{\frac{50122 \cdot 121}{2784}} \text{ resp. } \sqrt[4]{\frac{25061 \cdot 12,25}{2,8}},$$

h = 7″ resp. 18 cm.

Antwort 5. Der quadratische Pfosten in der 2. Etage erhält folgende Breite:

Die Höhe derselben beträgt 12′ resp. $3^3/_4$ m, so ist

$$P = 2784 \frac{h^4}{l^2} = 2784 \frac{h^4}{12 \cdot 12} \text{ resp. } 2,8 \frac{h^4}{3^3/_4 \cdot 3^3/_4}.$$

Belastung von der 2. Etage		25061	Pfd.	resp.	$12530^1/_2$	Kilogr.,
" " " 3. "		25061	"	"	$12530^1/_2$	"
" " " 4. "		25061	"	"	$12530^1/_2$	"
Totalbelastung	P =	75183	Pfd.	resp.	$37591^1/_2$	Kilogr.,

folglich $75183 = 2784 \frac{h^4}{12 \cdot 12}$ resp. $37591^1/_2 = 2,8 \frac{h^4}{3^3/_4 \cdot 3^3/_4}$,

oder $h = \sqrt[4]{\frac{75183 \cdot 144}{2784}}$ resp. $\sqrt[4]{\frac{37591^1/_2 \cdot 14^1/_4}{2,8}}$,

h = circa 8″ resp. 21 cm.

Antwort 6. Der quadratische Pfosten der Parterre-Etage erhält folgende Breite:

Die Höhe derselben sei 16′ resp. 5 m, so ist

$$P = 2784 \frac{h^4}{l^2} = 2784 \frac{h^4}{16 \cdot 16} \text{ resp. } 2{,}8 \frac{h^4}{5 \cdot 5}.$$

Belastung der Parterre-Etage	25061	Pfd.	resp.	$12530\frac{1}{2}$	Kilogr.,
" " 2. "	25061	"	"	$12530\frac{1}{2}$	"
" " 3. "	25061	"	"	$12530\frac{1}{2}$	"
" " 4. "	25061	"	"	$12530\frac{1}{2}$	"
Totalbelastung P =	100244	Pfd.	resp.	50122	Kilogr.,

folglich $P = 100244 = 2784 \frac{h^4}{16 \cdot 16}$ resp. $50122 = 2{,}8 \frac{h^4}{5 \cdot 5}$,

$$h = \sqrt[4]{\frac{100244 \cdot 256}{2784}} \text{ resp. } \sqrt[4]{\frac{50122 \cdot 25}{2{,}8}},$$

$h =$ circa 10″ resp. 26 cm.

Da nun die Pfosten durch mehrere Etagen reichen, da sie ferner in der Regel doppelt sind und die Unterzüge umgreifen, so würden für dieses Beispiel gekuppelte (zusammengebolzte) Pfosten, welche aus 2 Hölzern von 8 und 10″ (21 und 26 cm) Stärke bestehen, zu empfehlen sein, so daß im Ganzen 10 und 16″ (26 und 42 cm) entstehen. In den obersten Etagen genügen einfache Pfosten von 8 und 10″ (21 und 25 cm) Stärke.

Antwort 7. Auf dem Fundamentpfeiler eines Pfostens ruhen circa 100000 Pfd.; bezeichnen wir mit f den Querschnitt des Pfeilerfundamentes,

k_1 den Sicherheits-Coefficienten gegen Zermalmen bei 20facher Sicherheit,

$$\text{so ist } f = \frac{P}{k_1}.$$

Die Sicherheits-Coefficienten sind je nach dem Material verschieden, nämlich:

fester Sandstein . .	= 500	Pfd. pro □″,	35	Kilogr. pro □ cm,
fester Kalkstein . .	= 300	" pro □″,	21	" pro □ cm,
Granit	= 500	" pro □″,	35	" pro □ cm,
hartgebrannte Ziegel .	= 150	" pro □″,	10,5	" pro □ cm,
mittelmäßige Ziegel .	= 100	" pro □″,	7	" pro □ cm,

folglich wäre in diesem Falle, bei hartgebrannten Ziegeln

$$f = \frac{100000}{150} \text{ resp. } \frac{50000}{10,5}$$

$$= \text{circa } 667 \square'' \text{ resp. } 4762 \square^{cm},$$

oder circa 26″ resp. 68 cm Seite. Die Durchschnittsfläche entspricht einem Mauerfundament von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Stein im Quadrat.

Zur besseren Uebertragung des Druckes auf die Fundamentfläche würde sich empfehlen, die Pfosten zunächst auf eine Granit- oder Eisenplatte zu stellen.

Die Riegel.

Die Riegel dienen zum Zusammenhalten der Stiele und zertheilen die großen Felder der Fachwerkswände in kleinere Abtheilungen. (Siehe e in Tafel 9.)

Das Einlassen der Riegel geschieht mit einfachen Zapfen, wie die obern Thür- und Fensterriegel durch Versatzung mit den Ständern. (Siehe Tafel 9.) Die Höhe des Riegelholzes beträgt fast durchweg 25 cm, während die Breite von der Dicke der Mauer abhängig ist.

Die Entfernung der Riegel von einander richtet sich nach der Entfernung der Ständer; in der Regel beachtet man, daß die Fachöffnungen nicht größer als 2 □ m (20 □′) werden. Es ist im Allgemeinen anzunehmen, daß

$2\frac{1}{2}$ m	(8′)	hohe	Wände	2	Verriegelungen,	
3 m	(10′)	„	„	3	„	
$3\frac{1}{2}$ m	(12′)	„	„	4	„	erhalten.

Die Streben.

Um die Verschiebung der Fachwand zu verhindern, werden in den Endfachen und in denen der Thüren und Fenster Streben angeordnet, welche in die Schwelle und das Rahmholz mit Versatzung und Zapfen eingelassen werden. (g Tafel 9.)

Die Streben und das Rahmholz bilden am vortheilhaftesten einen Neigungswinkel von 60°. Eine Unterbrechung der Streben darf nicht stattfinden, sondern es werden die Riegel in dieselben eingezapft und mit hölzernen Nägeln befestigt.

Die Streben können entweder einfach oder kreuzförmig (Andreaskreuze) gestaltet sein. (h Tafel 9.)

Die verschiedenen Anordnungen der Fachwerkswände, Träger ꝛc. zeigt Tafel 9.

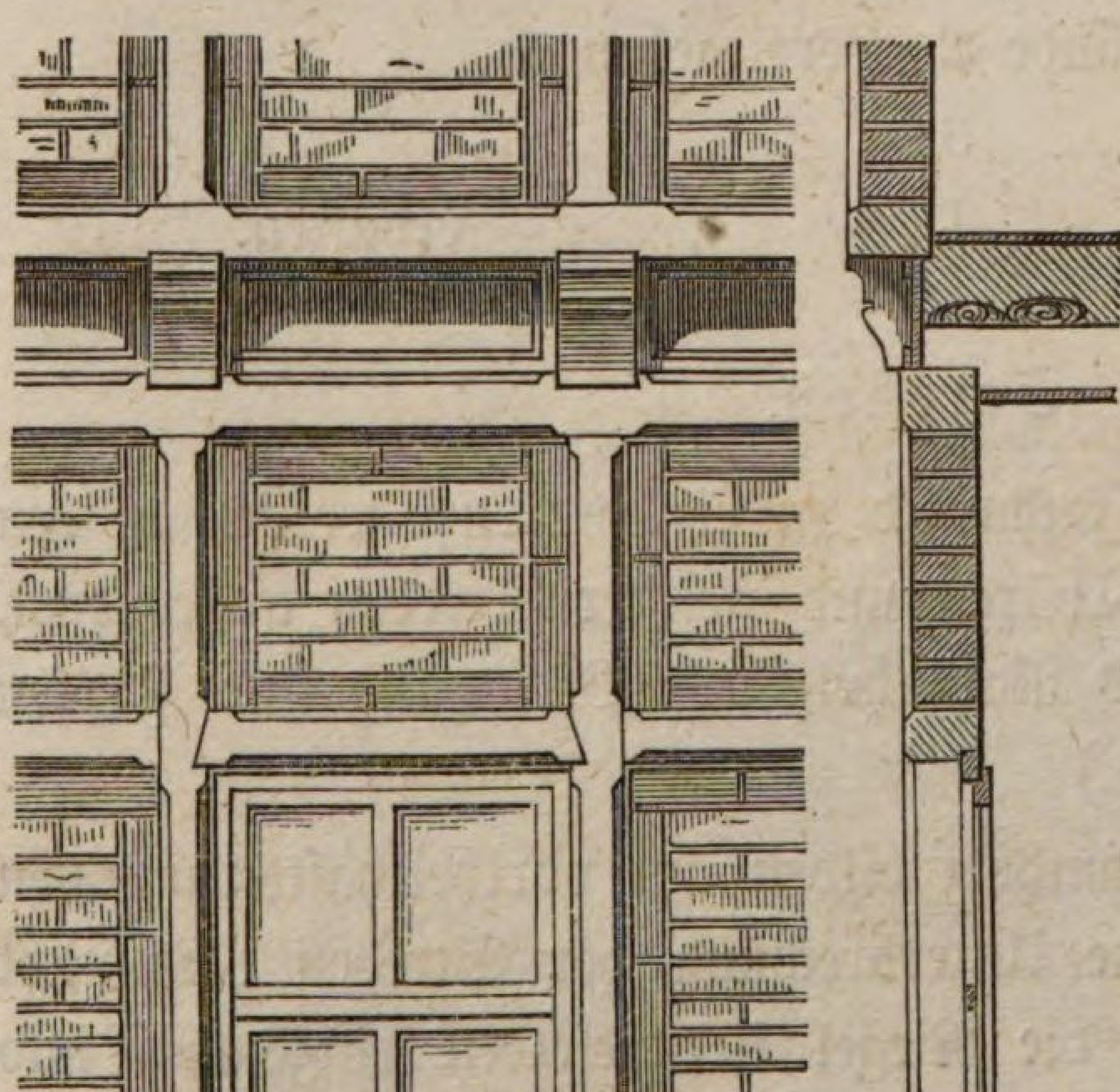
Die Ausmauerung der Fachwerkswände.

In gewöhnlichen Fällen geschieht dieselbe nur in der Stärke der Wand, also 1/2 oder 1 Stein stark. Im nördlichen Klima sind 1/2 Stein starke Umfassungswände für Wohngebäude zu kalt, man kann daher sowohl die äußere, wie innere Seite solcher Fachwände noch mit Backsteinen verblenden. (Fig. 253.) Da aber die hieraus erwachsenden Kosten denen einer massiven Wand meistens nicht nachstehen, so ist es in solchen Fällen rathsam, massiv zu bauen. — In manchen Gegenden geschieht die Ausfüllung der Fachen nur mit Luftsteinen oder Lehmstakung und wird die äußere Wandfläche mit Schiefer oder Dachpappe bedeckt. Für Ställe, Schuppen ꝛc. dürfte diese Bauart sich empfehlen, während für Wohngebäude eine massive Ausmauerung den Vorzug verdient.

Die Außenseite der Fachwerkswände.

Aus architectonischen Rücksichten ist ein Berohren und Beputzen der Fachwände an den Außenseiten durchaus nicht zu empfehlen, sondern ist es vielmehr rathsam, ihre Construction nach außen hin zu zeigen und demgemäß zu decoriren. Es lassen sich so, besonders durch Ausfasen der Kanten und durch Verwendung farbiger Backsteine, hübsche Wirkungen hervorbringen. (Fig. 250 a und b.)

Fig. 250 a b.



Für die architectonische Durchbildung der Fachwerkswände ist es sehr störend, daß man an den Langseiten die Balkenköpfe sieht, während an den Giebeln die Seiten der Balken, welche zum Rahmholz und der Schwelle der übereinander liegenden Etagen dienen, hervortreten. (Tafel 9 und Fig. 251.) Um diesem Uebelstande

abzuhelfen, zeigt man auf den Giebelseiten ebenfalls die Balkenköpfe, und zwar geschieht dies am besten durch Stichbalken. (Fig. 252 A u. B.)

Fig. 251

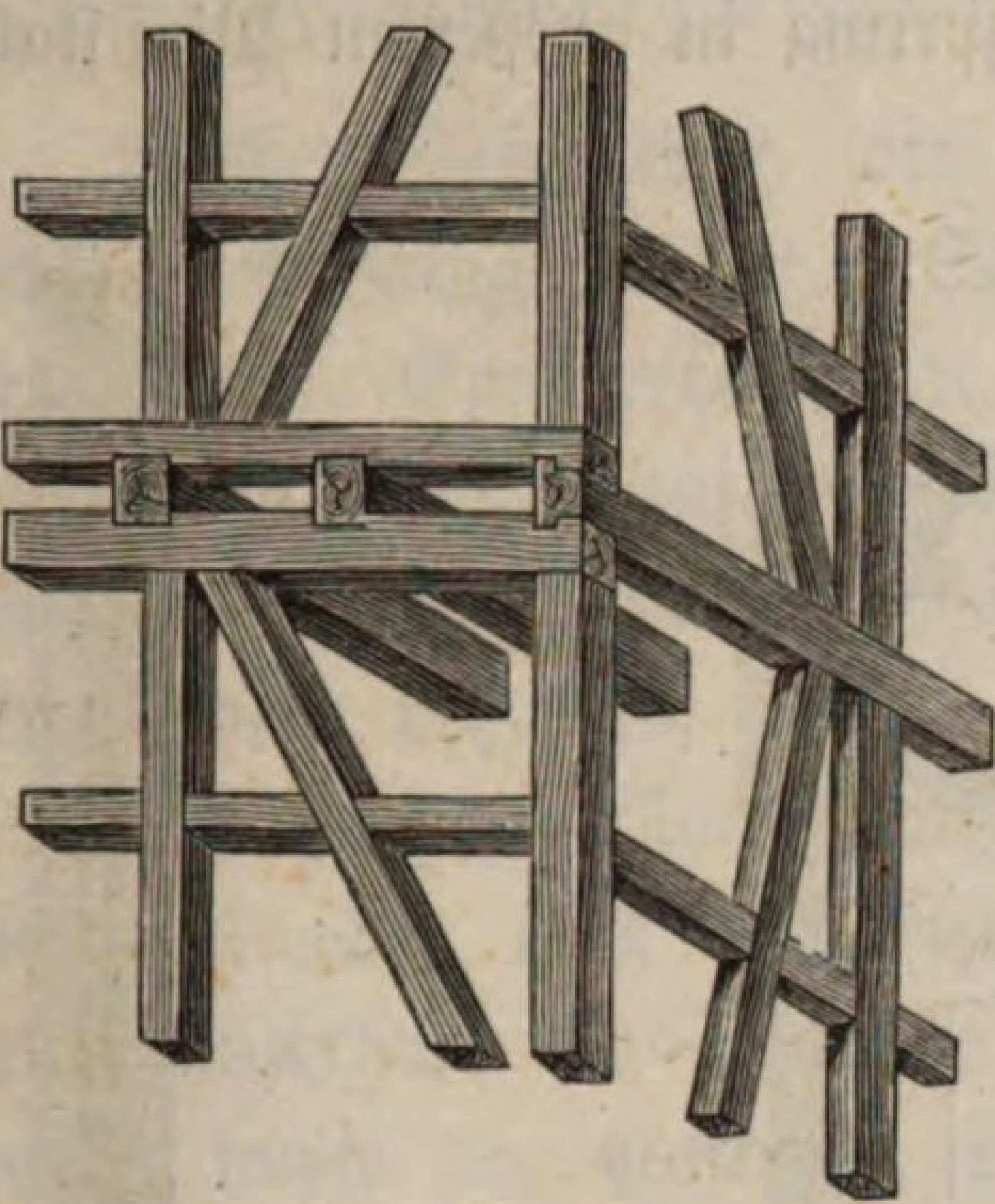
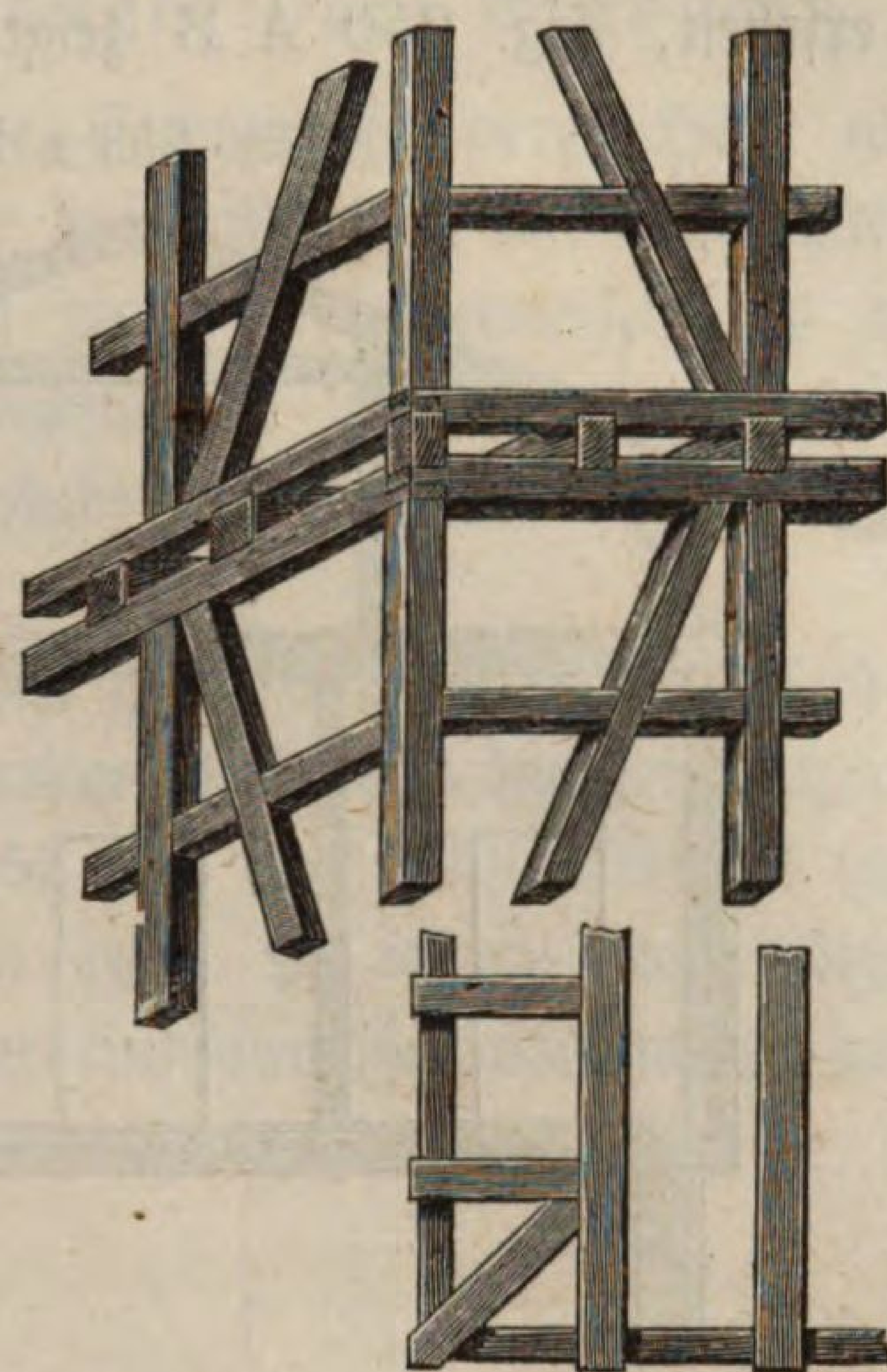


Fig. 252 A B.



Im Mittelalter war der Fachwerksbau allgemein verbreitet und nicht nur bürgerliche Wohnhäuser, sondern auch öffentliche Gebäude, z. B. Rathäuser ꝛc. wurden so ausgeführt. An den uns überkommenen Gebäuden dieser Art findet sich oft ein solcher Aufwand von Arbeit, daß nicht anzunehmen ist, diese Constructionsweise sei nur der Billigkeit wegen gewählt worden.

Die ungemein lange Dauer dieser mittelalterlichen Fachwerksbauten hat ihren Grund in der fast ausschließlichen Verwendung des Eichenholzes und in dem soliden Holzverbande. Wir wollen hiermit die oft sehr unpraktischen und holzverschwendenden Constructionen dieser alten Gebäude durchaus nicht empfehlen, müssen aber auf einige Punkte aufmerksam machen, die wesentlich zu ihrer guten Erhaltung beigetragen haben. Wir meinen hiermit das Vorspringen der oberen Etagen vor den unteren und die weite Ausladung des Daches.

Dieses Vorkragen der einzelnen Stockwerke sollte wohl weniger zum Vergrößern der oberen Zimmer, als zur Abhaltung des Regenwassers von den unteren Wänden dienen. Wenn nun auch ein weites

Vorſpringen der Etagen nicht anzuempfehlen iſt, ſo dürfte doch eine Ausladung von 21 — 31 cm (8 — 12) leicht thunlich ſein, beſonders da hierdurch der Façade ein neuer Reiz verliehen wird.

Aus Fig. 253 und 254 iſt der Unterſchied beider Conſtructionen zu erſehen, Fig. 250 A B zeigt den Vorſprung in größerem Maßſtab.

Fig. 253 a b.

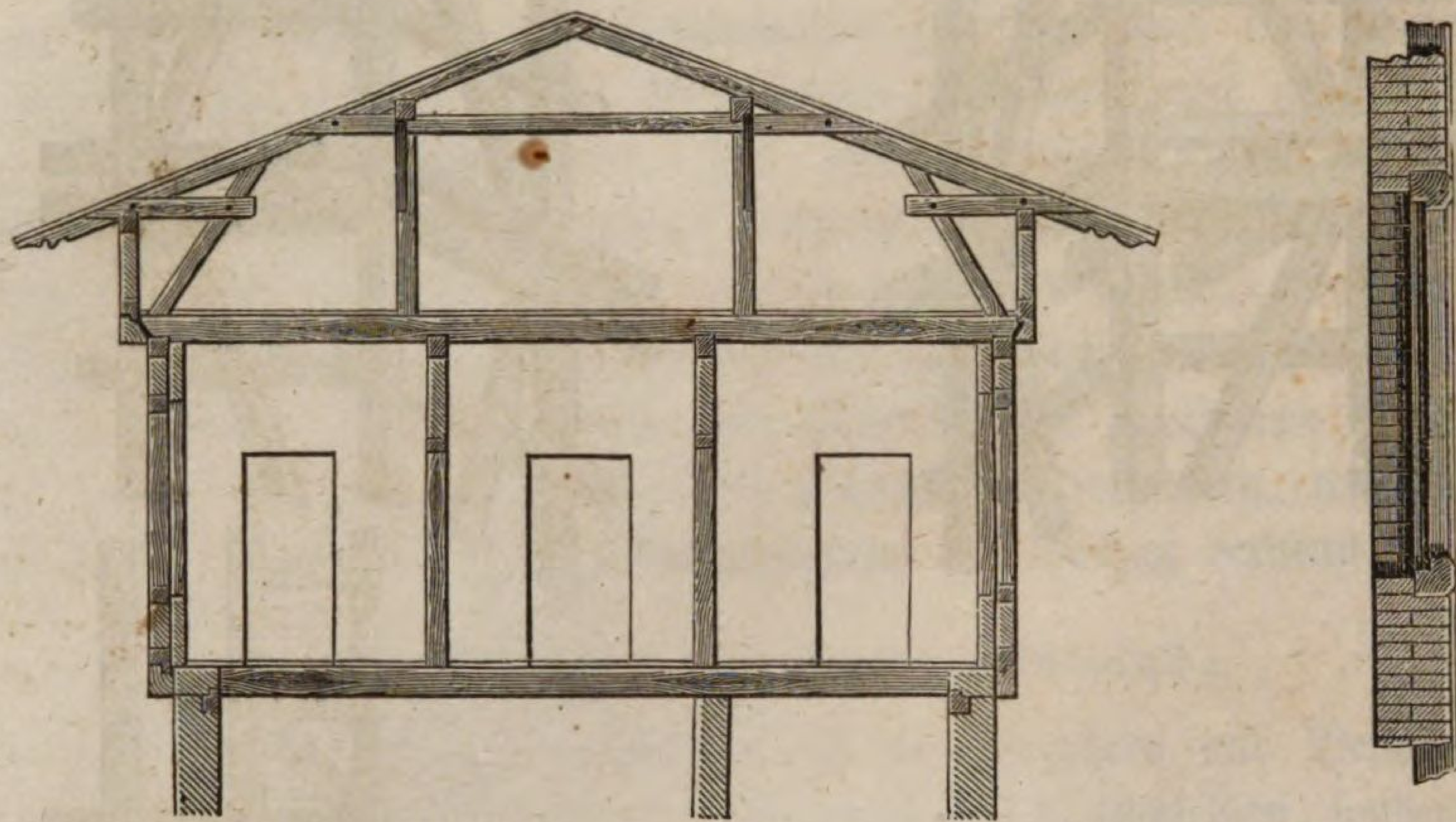
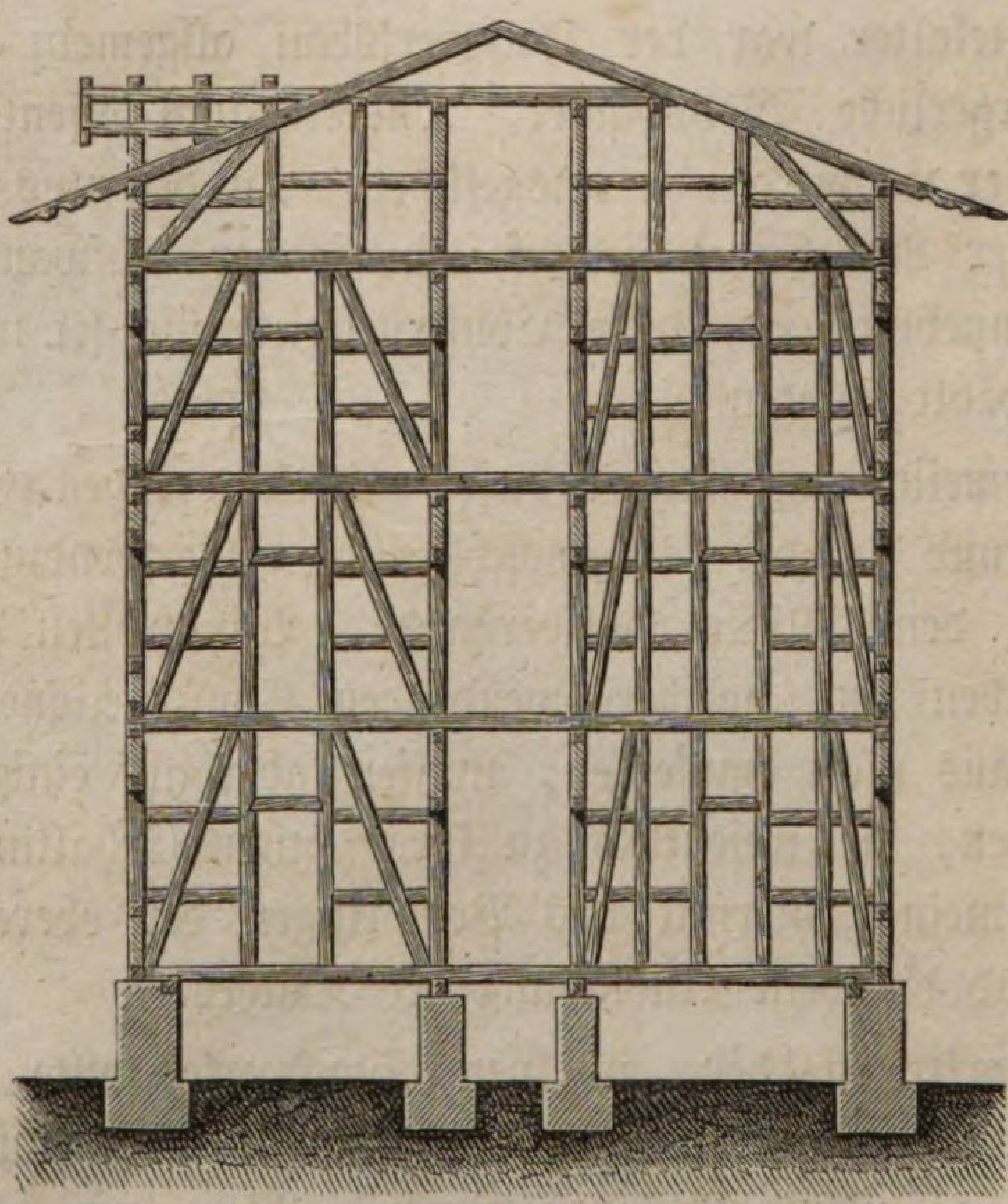


Fig. 254.



Der Raum zwischen den Balkenköpfen wird mit Schutzbrettern geschlossen, und wurden diese im Mittelalter reich ornamentirt und bemalt; auch die consolenartige Unterstützung erhielt die reichste Durchbildung.

Die Fachwerkswände mit durchgehenden Ständern.

Bisher besprachen wir nur solche Fachwände, deren Höhe nur durch eine Etage reichte. Sollen große hohle Räume, wie Reitbahnen, Turnhallen, Exercierhäuser &c. geschaffen werden, so erweisen sich die bisher gegebenen Constructionen als ungenügend und unpractisch. Es müssen in solchen Fällen die Fachwerkswände durchgehende Eck- und Bundständer erhalten.

Die hier zur Anwendung kommenden gekuppelten Ständer bestehen aus zwei oder auch vier fest mit einander verbolzten langen Hölzern, welche unterhalb die Schwelle c Fig. 255 und den Mittelrähm d umgreifen sowie die äußersten Etagenbalken resp. die oberen Rahmhölzer. Im Uebrigen kommt die Construction der einfachen Fachwerkswände auch hier wieder zur Anwendung.

Fig. 255.

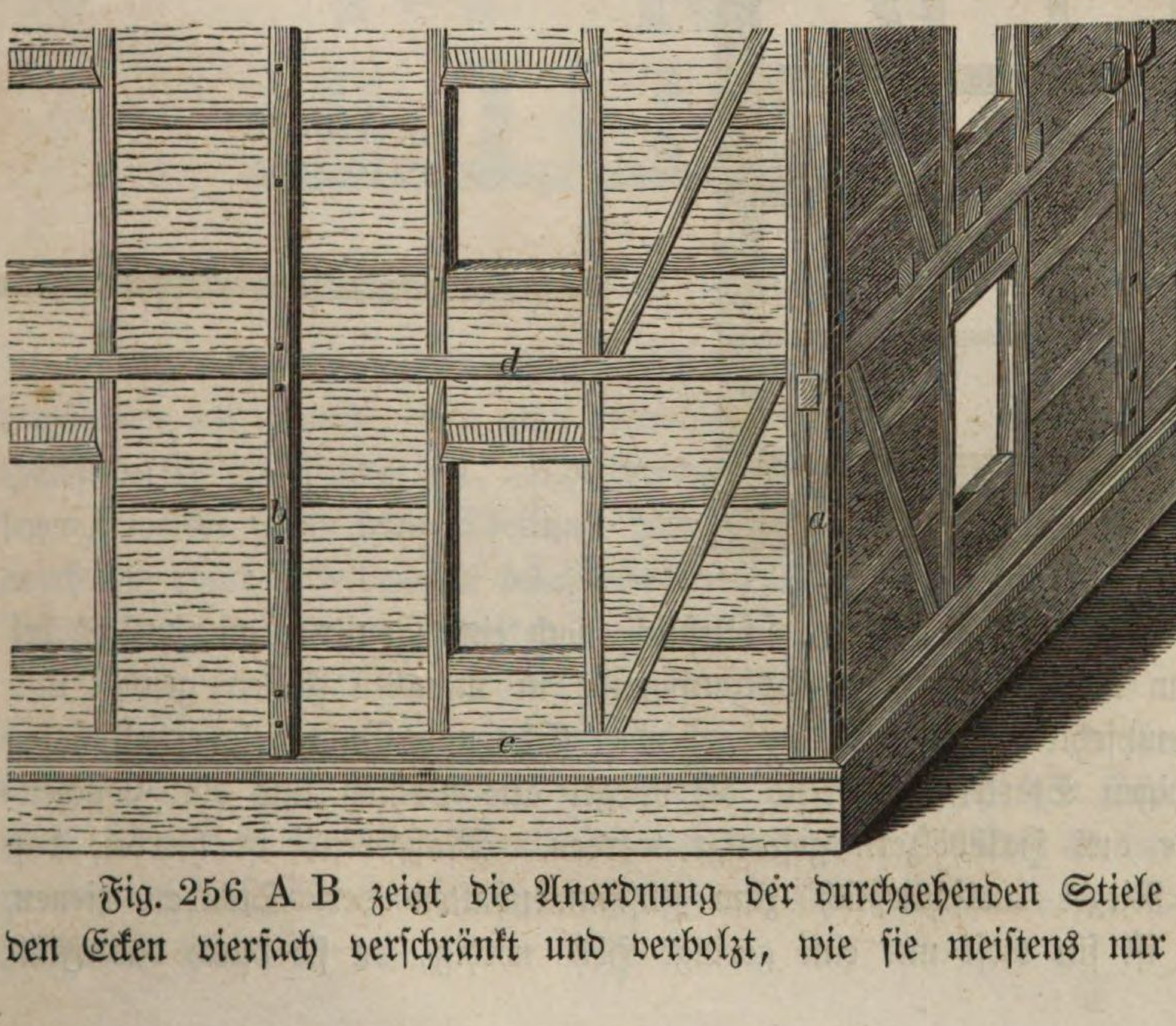


Fig. 256 A B zeigt die Anordnung der durchgehenden Stiele an den Ecken vierfach verschränkt und verbolzt, wie sie meistens nur bei

schweren, großen Wänden Anwendung findet, während die Construction der Fig. 257 A B C für kleinere, leichte Wände brauchbar ist. In jedem Falle ist auf gute Verklammerung und Verbolzung zu achten.

Fig. 256 a b.

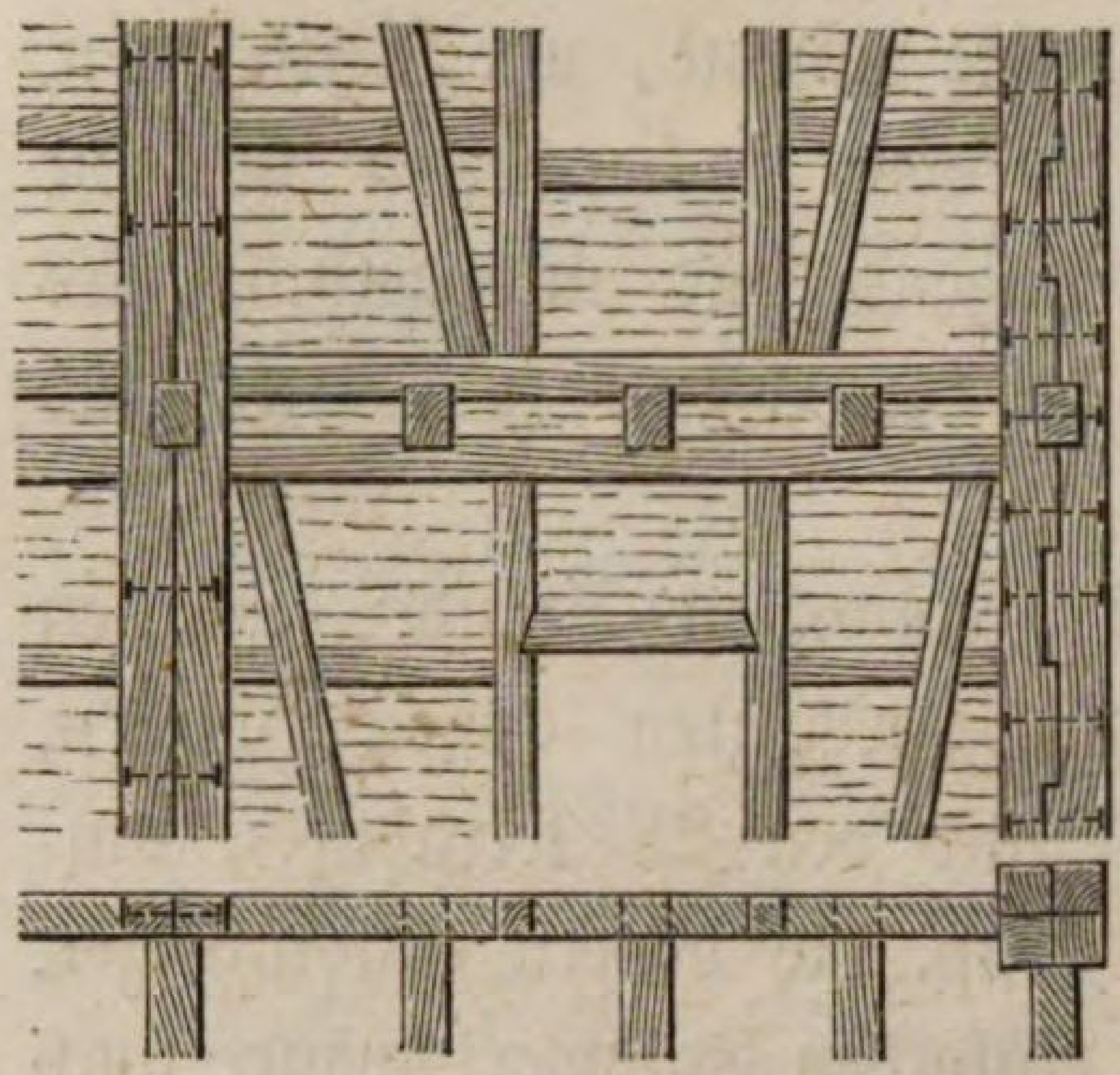


Fig. 257 A.

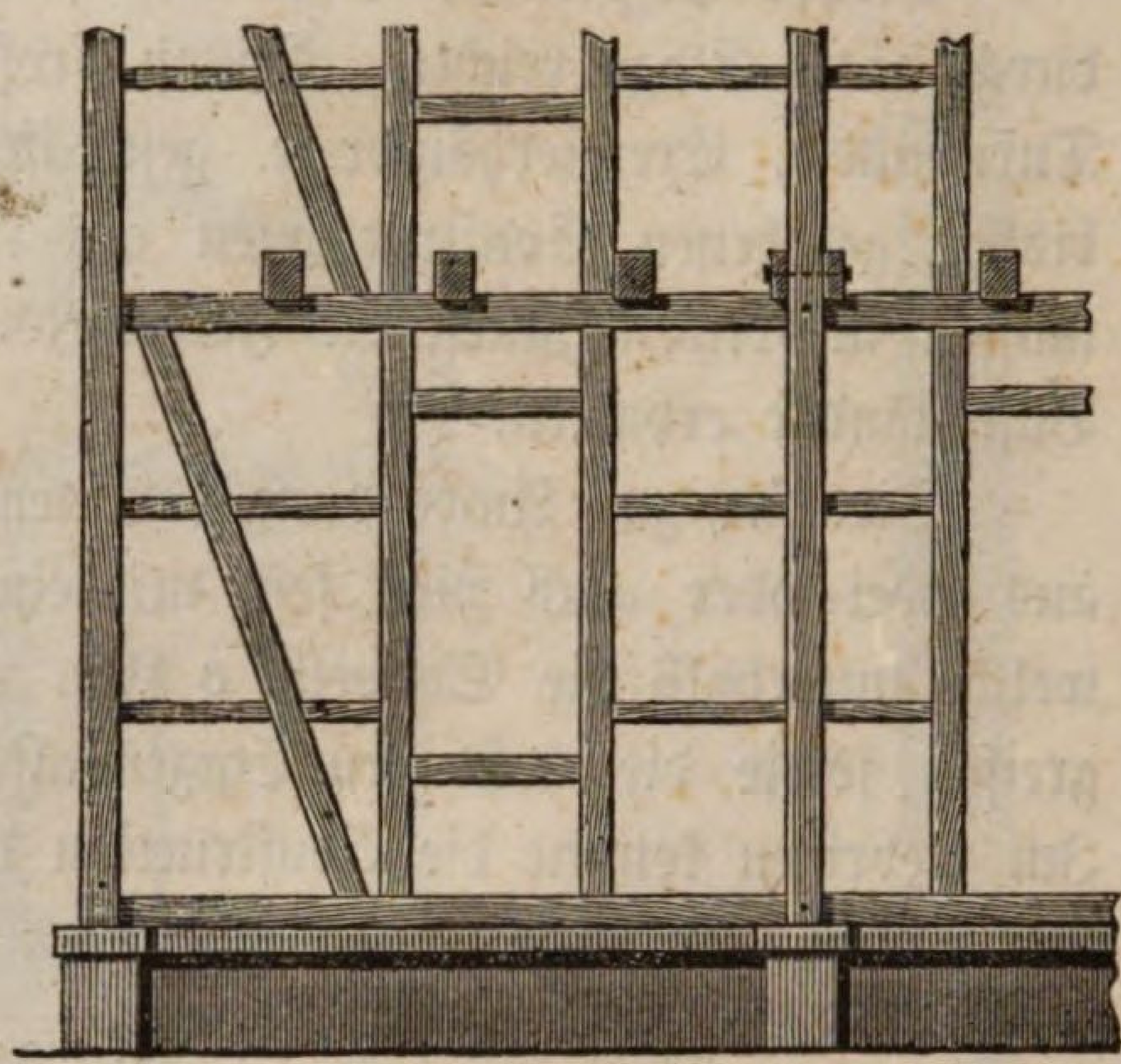


Fig. 257 B.

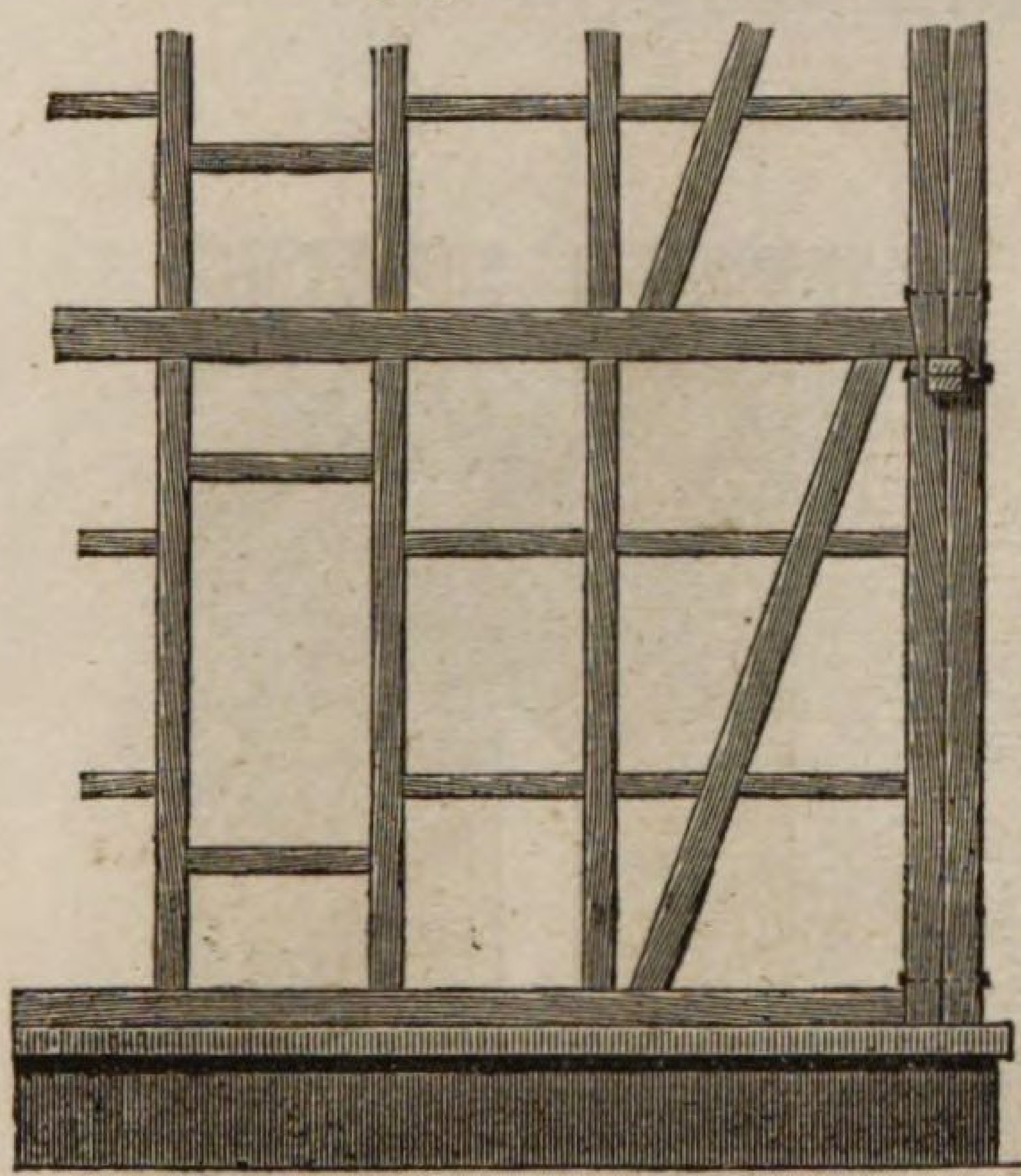


Fig. 257 C.

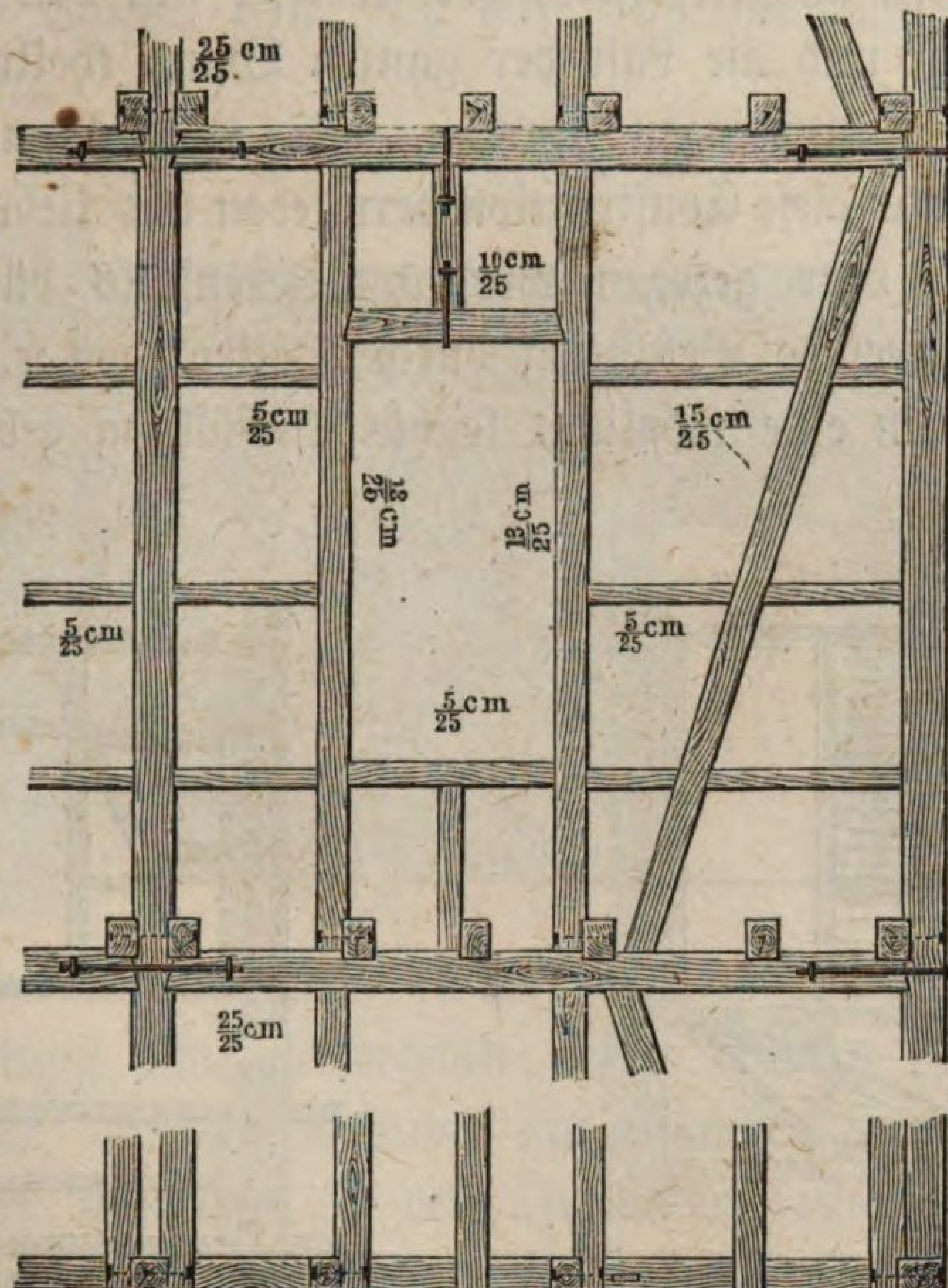


Fig. 258 A B zeigt schließlich noch eine Construction, welche bei einem möglichst geringen Holzaufwande in manchen Fällen genügt und zu empfehlen ist. Die durchgehenden Eck- und Bundstiele erhalten die nöthigen Stärken, während die Riegel aus Bohlen und die Zwischenstiele aus Halbhölzern gefertigt werden. Maßgebend ist hierbei, daß die Riegel ausschließlich zum Zusammenhalten der Ständer dienen, und ist für diese nur eine geringe Höhe nöthig, da sie durch das Füll-

material genügend unterstützt werden. Selbstverständlich darf diese Construction nur mit Vorsicht angewendet werden.

Die Dimensionen dieser Hölzer sind aus der Figur zu ersehen.

Fig. 258 A B.



Die Fachwerkshängewände.

Bei den **einfachen** Fachwerkswänden und bei den Trägern erwähnten wir bereits, daß man durch Verbindung der Fachwände mit Hängewerken im Stande sei, Scheidewände über solchen Räumen anzulegen, welche selbst keine Theilung haben. Hierbei wird die Last der durch die obere Scheidewand belasteten Balkenlage durch Unterzüge resp. Träger aufgefangen und gehalten. (Fig. 249.)

Diese Fachwerkshängewände bieten durchaus nichts Neues und Eigenthümliches, sondern unterliegen den Regeln der **einfachen Fachwände** und **Hängewerke**, nur dürfen die Endstützen der Streben nicht weit von der Balkenunterstützung entfernt sein und ist darauf zu achten, daß die Hängestrebe möglichst wenig von den Riegelhölzern geschwächt wird.

Fig. 259 zeigt das Beispiel einer dreifachen Hängewerkswand mit zwei Thüren an jeder Seite; diese Anordnung kommt oft bei hohen Fachwerkswänden vor.

Wo Schornsteinröhren mit Fachwerkshängewänden zusammentreffen, muß der Hängebalken ausgewechselt, der Wechsel mit den anderen Balken gehörig verbolzt und die Last der ganzen Wand theilweise noch auf den oberen Wechsel übertragen werden. (Fig. 260 A. u. B). Wenn irgend thunlich, sollte diese Construction vermieden und lieber der Schornstein seitlich gelegt oder gezogen werden. Jedenfalls dürfen derartige Hängewände keine fremde Belastung durch Balkenlagen 2c. erhalten und muß man den Fachen eine möglichst leichte Ausfüllung geben.

Fig. 259.

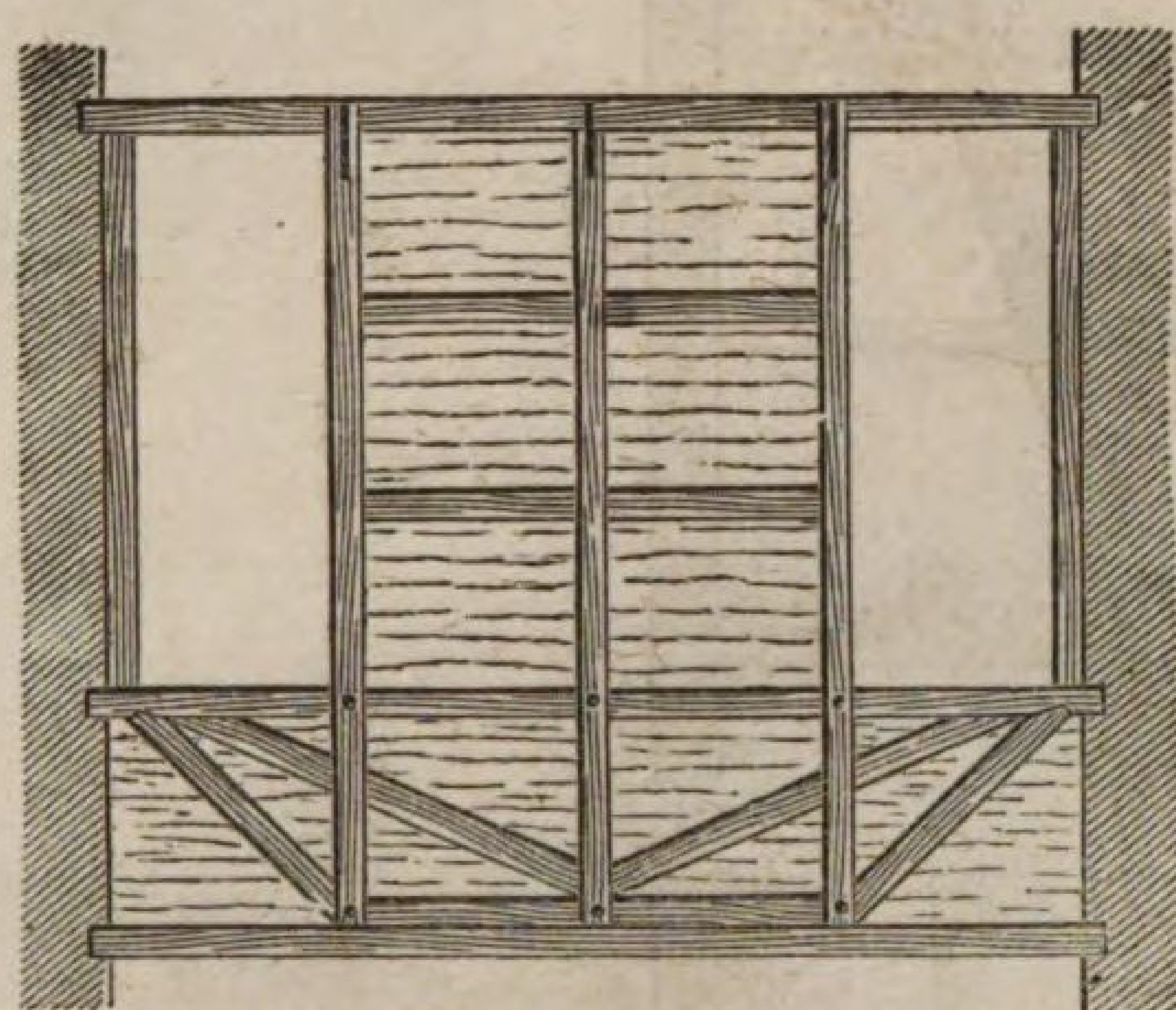
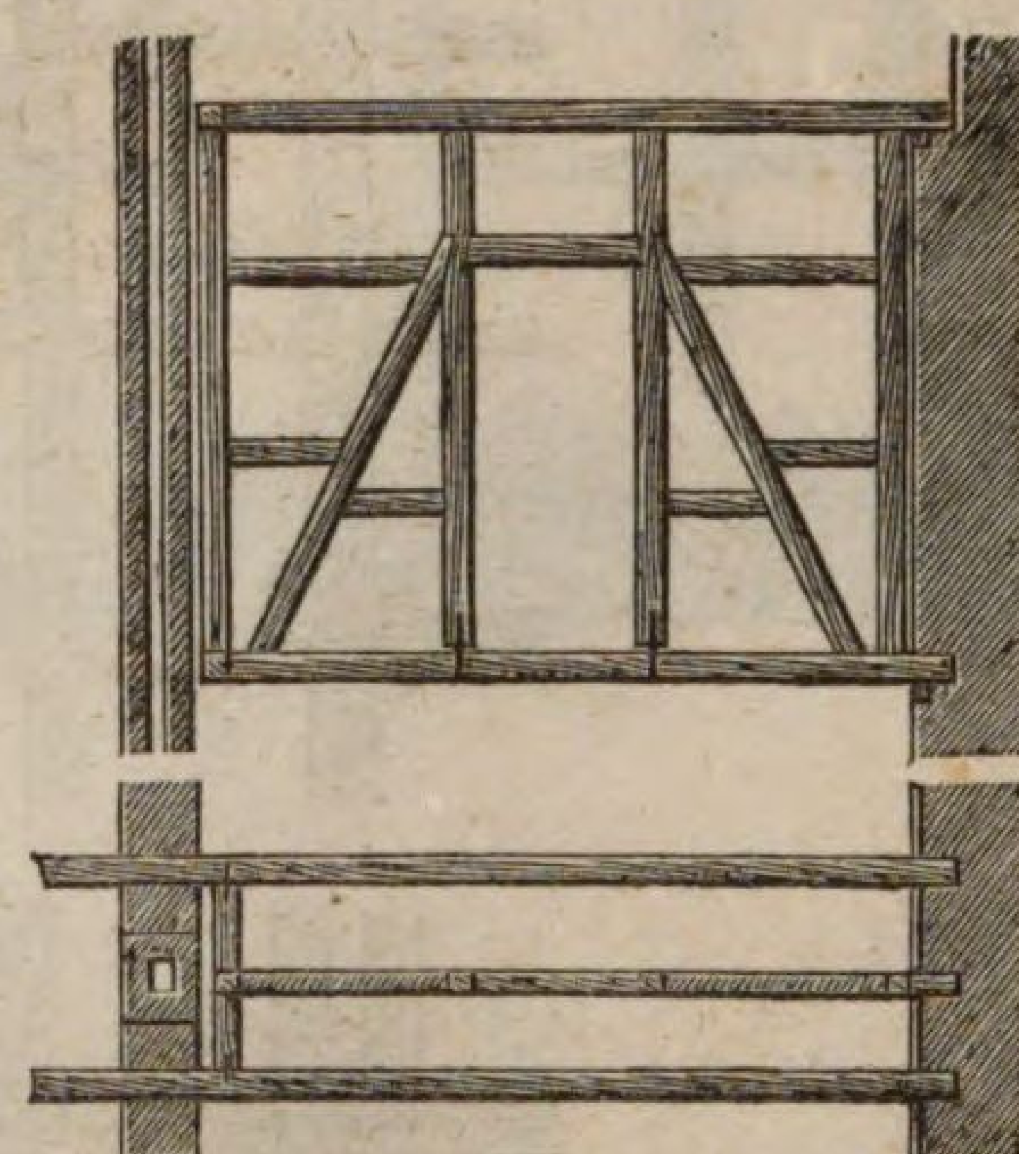
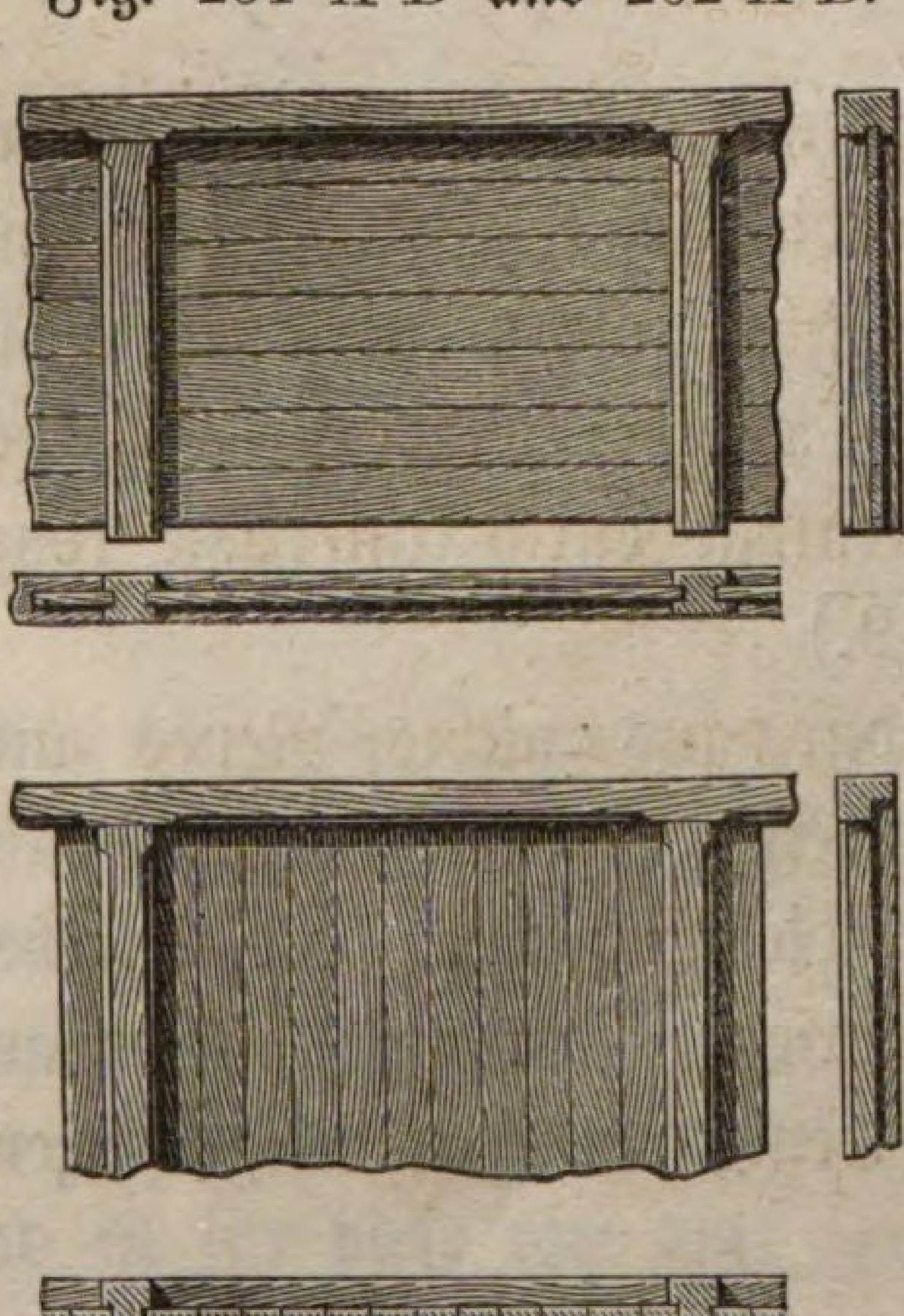


Fig. 260 A B.



Die Bretterwände.

Fig. 261 A B und 262 A B.



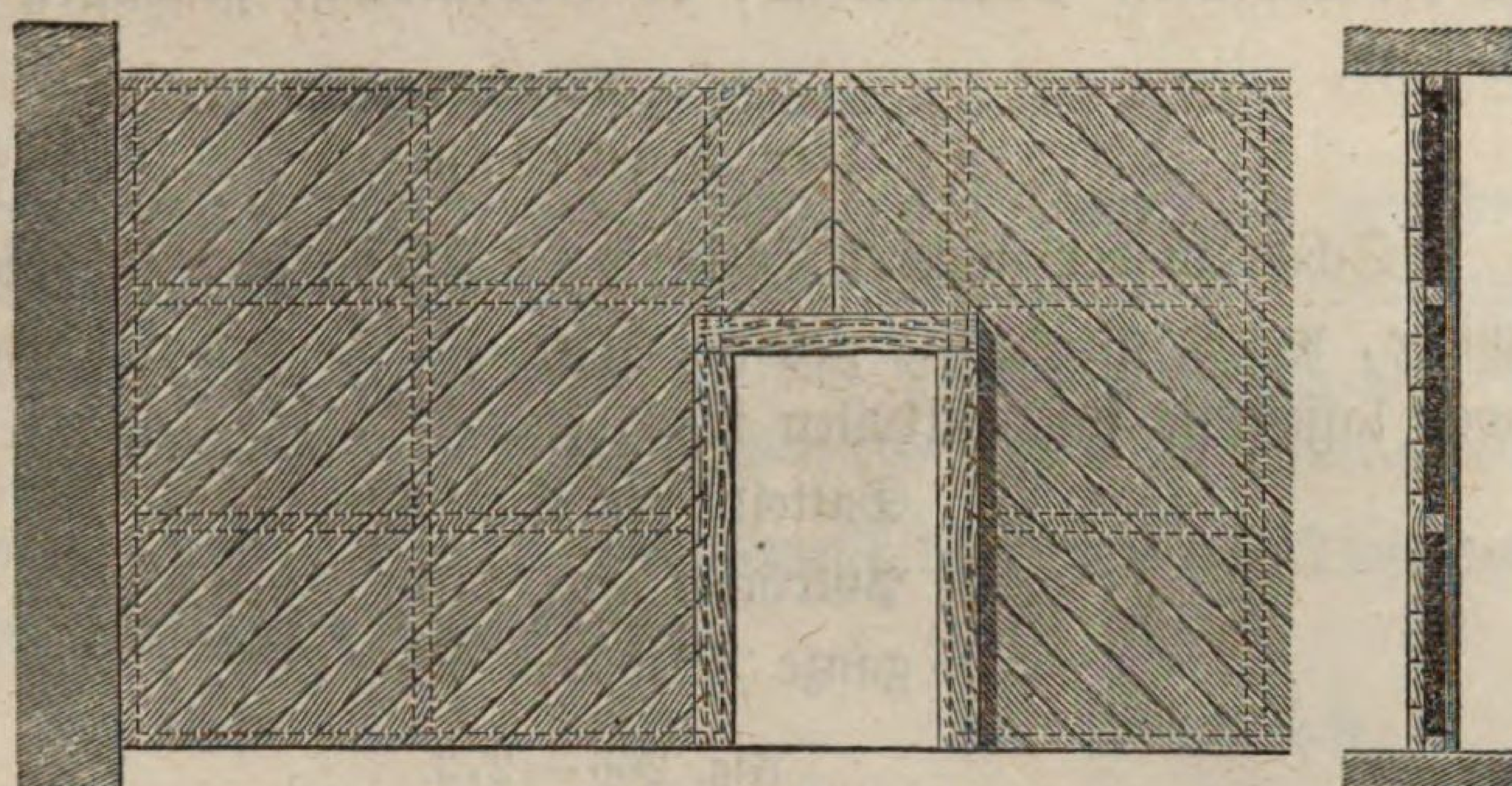
Nur zu untergeordneten Zwecken, zu Planken, als Scheidewände in Nebengebäuden 2c., finden dieselben Anwendung. Durch Ständer, Schwellen und Rähmhölzer resp. Helme wird zunächst, ohne weitere Verriegelung, das eigentliche Gerippe der Wand aufgeführt, in dieses werden alsdann starke Bretter entweder senkrecht gegen Falze (Fig. 261 A u. B), oder horizontal in Nuthen eingeschoben (Fig. 262 A und B). Die Fugen werden schließlich mit kleinen Leisten verdeckt.

Fig. 263 zeigt eine andere Construction einer Bretterwand, welche bei Wohngebäuden oft Verwendung findet; hierbei sind die äußeren Seiten mit Bretterverschalungen versehen und die Zwischenräume mit Seegras, Stroh u. d. G. ausgefüllt (Fig. 264). Diese Wände können auf kurzen Balken ruhen, ohne daß diese außergewöhnliche Dimensionen zu haben brauchen.

Fig. 263.

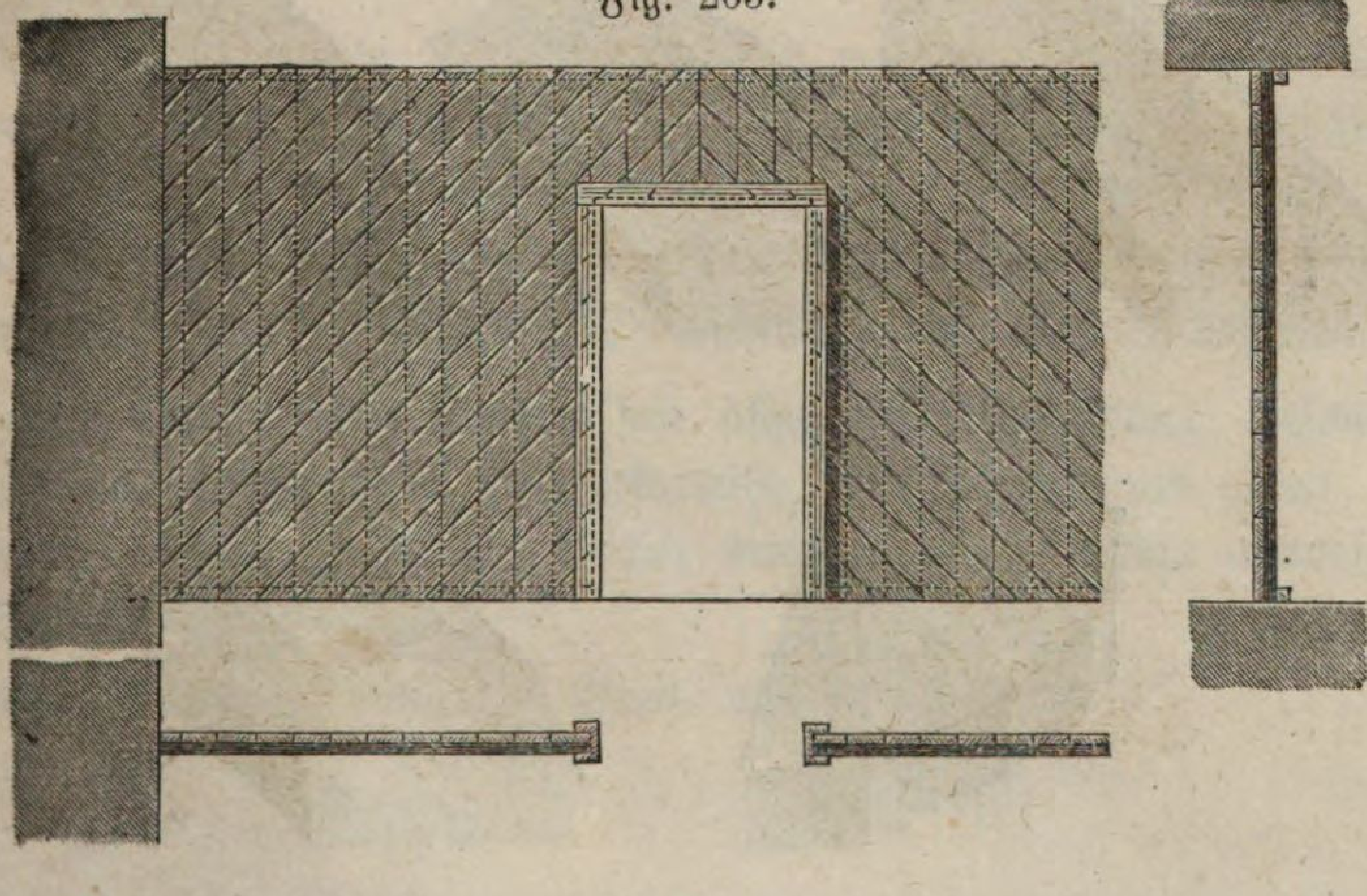


Fig. 264.



Die Bretterscheidewände findet man meistens da angewendet, wo eine Verriegelung gänzlich wegfällt; dann werden zwei Bretterlagen in entgegengesetzter schräger Richtung auf einander genagelt. Oberhalb an der Decke und unterhalb an dem Fußboden lassen sich diese Wände an Leisten befestigen; die ausgeschnittenen Thüröffnungen erhalten eine Bretter-Umfassung. Fig. 265 zeigt eine derartige Scheidewand.

Fig. 265.



Die Dächer.

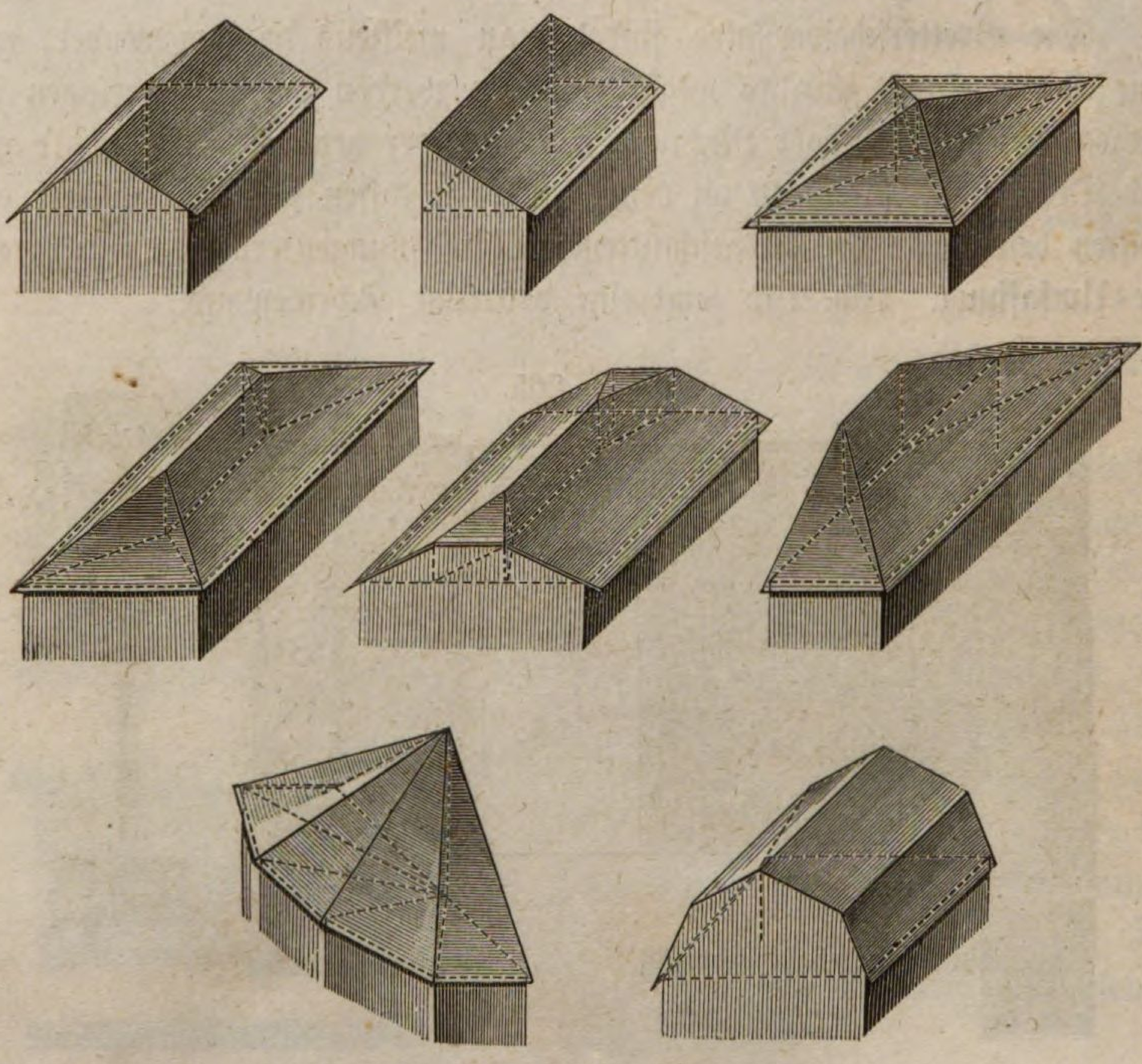
Das Dach bildet den oberen Abschluß eines Gebäudes und soll demselben den nöthigen Schutz von oben her gewähren. Es läßt sich dieser Zweck auf die verschiedenartigste Weise erreichen und ist die Construction des Daches abhängig von der Form, welche gewählt werden soll, von der Gestalt und Beschaffenheit des Gebäudes selbst, von dem zu verwendenden Deckmaterial, ob Bodenräume geschaffen werden sollen u. s. w.

Die Dachformen.

Schon in der äußeren Form der Dächer zeigen sich vielfache Unterschiede, welche gleichzeitig gewisse Arten der Dächer characterisiren, und zwar lassen sie sich eintheilen in:

1. Satteldächer Fig. 266,
2. Putdächer Fig. 267,
3. ganze Zeltdächer Fig. 268,

Fig. 266—273.



4. Walmdächer Fig. 269,
5. halbe Walmdächer oder Krüppeldächer Fig. 270,
6. Pult-Walmdächer Fig. 271,
7. halbe Zeltdächer Fig. 272,
8. Mansardendächer Fig. 273,
9. Bohlendächer und
10. Kuppeldächer.

Die Dachneigung.

Das Verhältniß der Höhe zur Breite eines Daches ist von der Wahl des Deckmaterials und von den zu schaffenden Bodenräumen abhängig. Die Neigung des Daches ist von großem Einflusse auf die Construction der Hauptbinder ꝛc., wir werden dies später näher betrachten.

Nachstehend geben wir einige Verhältnisse der Höhe zur Tiefe der Dächer für verschiedene Bedachungen:

Stroh- und Rohrdach . . .	$^1/_2$	der	Gebäudetiefe,
Ziegeldach	$^1/_3$ — $^3/_4$	"	"
Schieferdach	$^1/_3$ oder $^1/_5$	"	"
Theerpappdach	$^1/_6$ — $^1/_{10}$	"	"
Blei- oder Kupferdach . . .	$^1/_2$	"	"
Zinkblech- und Weißblechdach	$^1/_{12}$	"	"
Asphaltdach	$^1/_{24}$	"	"
Holzcementdach	$^1/_{20}$ — $^1/_{30}$	"	"

(Ueber Bedachungen siehe Abtheilung III.)

Sehr hohe, steile Dächer finden in neuerer Zeit nur noch selten Anwendung, da die großen Dachböden zu wenig Nutzbarkeit gewähren. Nur bei Kirchen und Gebäuden in streng mittelalterlichem Style sind die hohen Dachconstructionen zu rechtfertigen. Hierbei kann die Bedachung aus Ziegeln, Schiefer, Steinschindeln oder Kupfer bestehen.

Jetzt finden flache Dächer fast allgemeine Anwendung, besonders da dieselben, bei gleichem Holzverbrauche, einen Dachraum geben, der sich besser als der der steilen Dächer benutzen läßt. Hierzu nachfolgendes Beispiel:

Ein Satteldach von 13^m Breite und 6^m Höhe

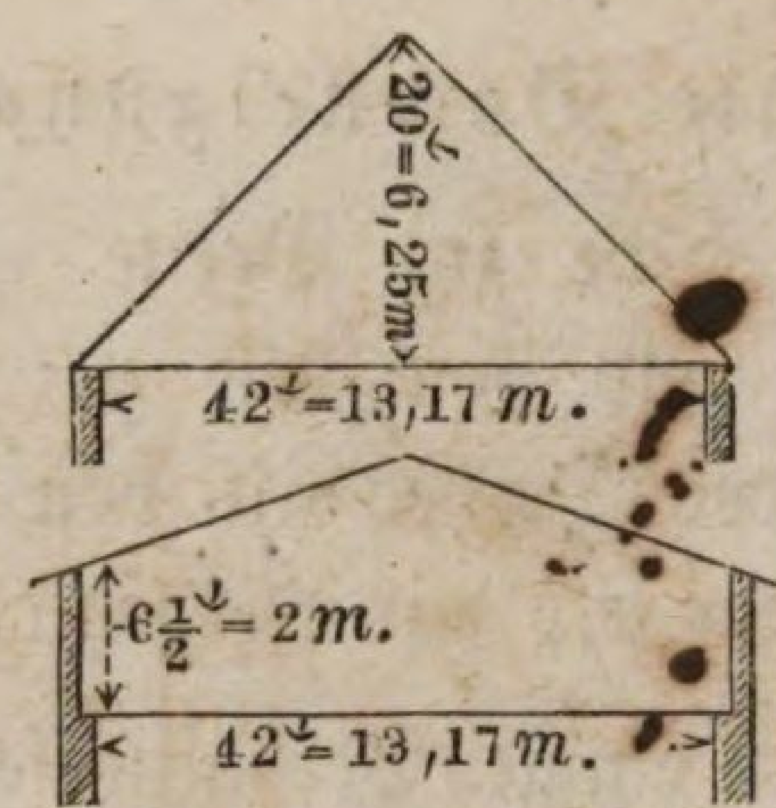
$$\text{hat } \frac{13 \cdot 6}{2} = 39 \ \square^m \text{ im Profil.}$$

Denselben Flächeninhalt würde ein flaches Dach von 2,2 m Höhe und 1,9 hoher Drempelwand haben,

$$\text{also } \frac{2{,}2 \cdot 13}{2} + 1{,}9 \cdot 13 = 39 \square^{m}.$$

Hieraus sind die Vortheile des flachen Daches ersichtlich. Vergleiche auch Fig. 275 und 276.

Fig. 275 u. 276.



Die Belastung der Dächer.

Die Dimensionen der Hölzer eines Dachstuhles hängen ab:

1. von dem Gewichte des Bedachungsmateriales,
2. von dem Drucke, den der Wind auf dasselbe ausübt, dieser richtet sich nach der Dachneigung, und
3. nach der Belastung durch Schnee.

In Summe kann man die Belastung der Dächer pro $\square^{m}$ Dachfläche annehmen:

Arten der Dächer.	Dachneigung.	Kilogramm.
Doppel- und Kronziegeldach	$^1/_3$	260
Einfaches Ziegeldach . . .	$^1/_4$	235
Einfaches Schieferdach . .	$^1/_5$ oder $^1/_3$	205
Strohdach	$^1/_2$	220
Theerpappdach	$^1/_6 - ^1/_{10}$	140
Zinkblech- oder Kupferdach	$^1/_{20}$	150

Das Satteldach.

Rücksichtlich ihrer Construction lassen sich die Satteldächer eintheilen in:

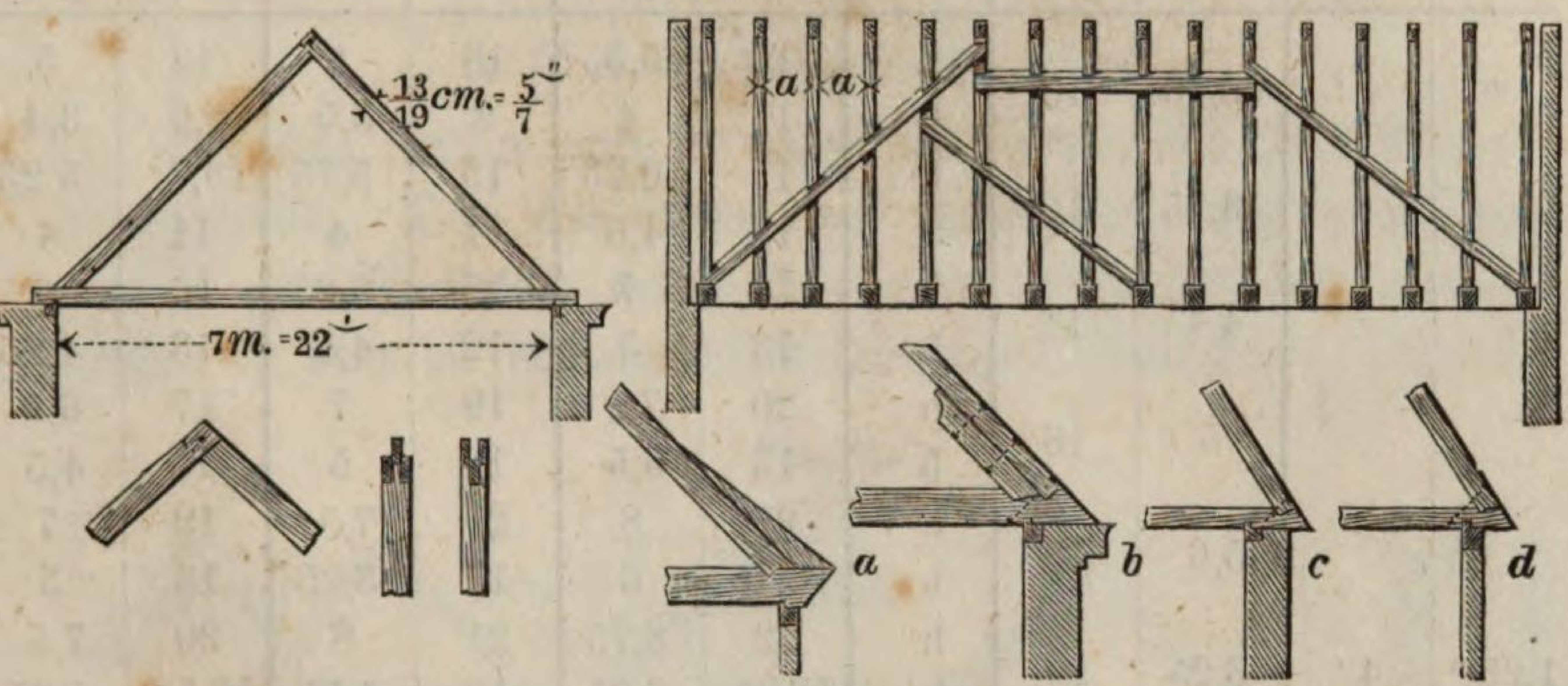
A. Dächer, welche unmittelbar auf der Balkenlage stehen.
B. Dächer mit versenkter Balkenlage.
C. Dächer ohne durchgehende Balkenlage.

A. Dächer, welche unmittelbar auf der Balkenlage stehen.

1. Das einfache Satteldach.

Dasselbe findet nur eine beschränkte Anwendung und zwar meistens nur bei einfachen Gebäuden (Fig. 277). Um eine Längenverschiebung zu verhindern, werden Latten unterhalb der Sparren kreuzweise angenagelt (Fig. 278). Die Verbindung der Sparren untereinander geschieht durch Scheerzapfen (Fig. 279) und die der Sparren mit dem Balken mit Versatzung und Zapfen (Fig. 280 a b c d).

Fig. 277—280.



Da nun die Sparren häufig nicht ganz bis zum Ende des Balkens reichen, so muß die Dachfläche durch einen Aufschiebling gebrochen werden (Fig. 280 a).

Die statistische Berechnung ergiebt, daß die Sparren eines Winkeldaches, bei einer Stärke von 13 à 19 ^{cm} (5 à 7") und einer Entfernung von 1 ^{m} (3 $1/2$ ') von Mitte zu Mitte bei Schieferbedachung circa 4 $3/4$ — 5 ^{m} (15 — 16'), ohne jegliche Unterstützung, freiliegen können. Es kann also ein einfaches Satteldach eine Spannweite circa 7 ^{m} (22') erhalten.

Die Entfernung der Sparren von einander ist abhängig von dem Bedachungsmateriale z. B. darf dieselbe sein:

bei dem Doppel- und Kronendache nicht über 1 ^{m} (3 $1/2$ '),
" " einfachen Ziegeldache " " 1,25 ^{m} (4'),
" " gewöhnlichen Schieferdache " " 1,25 ^{m} (4'),
" " Lehm-, Asphalt- und Holzcementdache nicht über 0,9 ^{m} (3'),
" " Metalldache nicht über 1,4 ^{m} (4 $1/2$ '),

bei dem Strohdache nicht über 1,4 ᵐ ($4\frac{1}{2}$ ′),
„ „ Theerpappdache (die Breite der Pappen) nicht über 1 — 1,25 ᵐ ($3\frac{1}{2}$ — 4 ′).

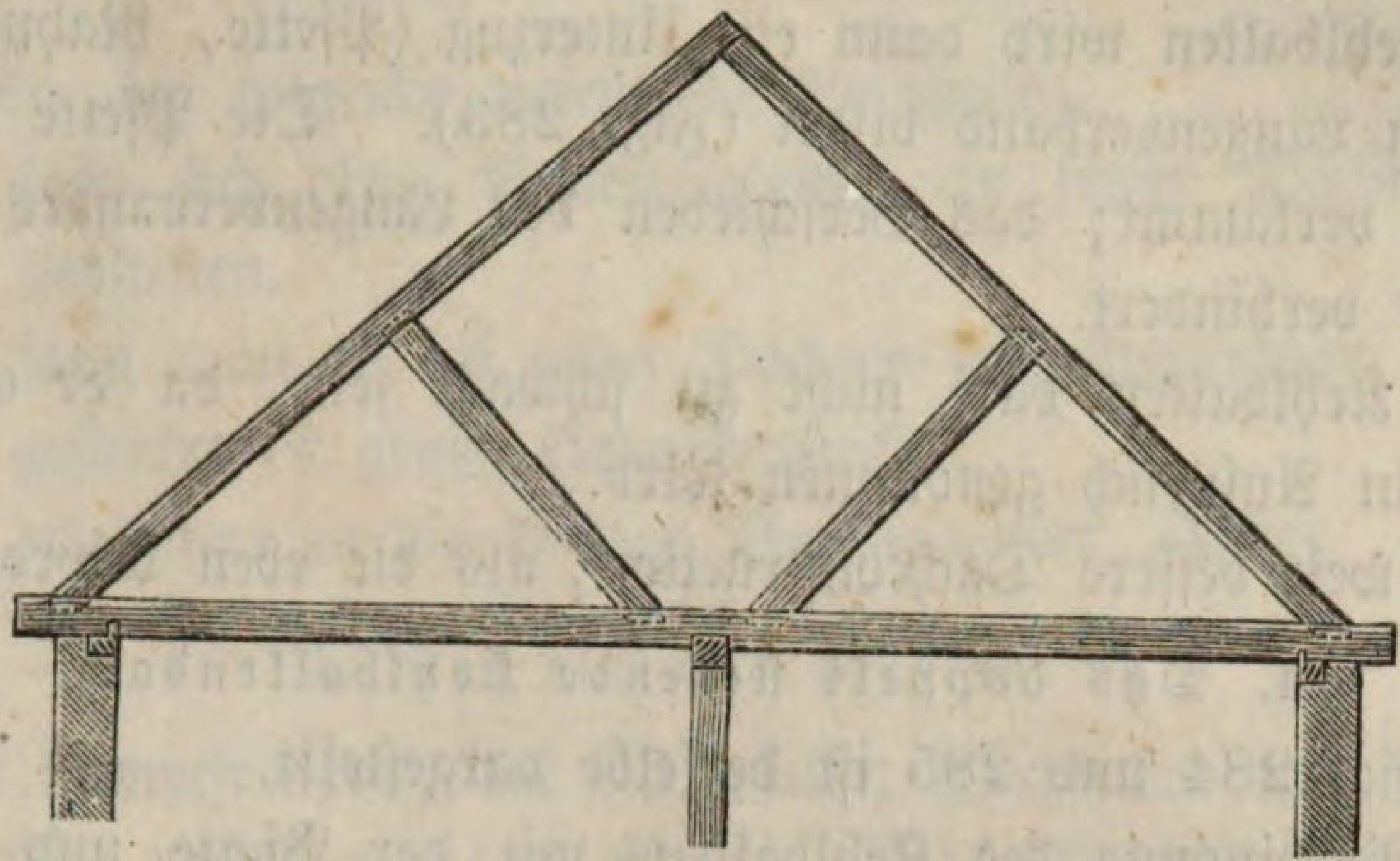
Die folgende Tabelle giebt die Abmessungen, Entfernungen und freiliegenden Längen der Sparren für verschiedene Deckmaterialien in abgerundeten Zahlen:

Entfernung der Sparrenmittel.		Freiliegende Länge der Sparren.		h Höhe. b Breite.	Doppel und Kronenziegeldach.		Schieferdach.		Zink- resp. Theerpappdach.	
Meter.	Fuß.	Meter.	Fuß.	7 : 5	Centim.	Zoll.	Centim.	Zoll.	Centim.	Zoll.
1 ᵐ	3′	3,10	10	h	15	5,5	13	5	13	5
				b	11	4	9	3,5	9,6	3,4
		3,75	12	h	17	6,25	15	5,75	13,7	5,25
				b	12	4,5	11	4	11	4
		4,4	14	h	18	7	17	6,25	16	6
				b	13	5	12	4,5	13	4,25
		5	16	h	20	7,5	19	7	17	6,5
				b	15	5,5	13	5	12	4,5
		5,6	18	h	21	8	20	7,5	19	7
				b	16,75	6	17	3,25	13	5
1,25 ᵐ	4′	6,25	20	h	22	8,75	21	8	20	7,5
				b	17,25	6,25	16	5,75	17,5	5,25
		3,10	10	h	16	6	15	5,5	17,5	5,25
				b	13	4,25	11	4	11	4
		3,75	12	h	18	6,75	17	6,25	15	5,75
				b	13	5	12	4,5	13	4,25
		4,4	14	h	29	7,5	19	7	17	6,5
				b	15	5,5	13	5	13	4,75
		5	16	h	22	8,25	20	7,5	19	7
				b	16	6	15	5,5	13	5
		5,6	18	h	24	9	21	8	20	7,5
				b	17	6,5	16	6	15	5,5
		6,25	20	h	25	9,5	22	8,75	21	8
				b	18	6,75	17	6,25	16	6

Beim Projectiren gilt folgende practische Regel: für jeden ein Viertel laufenden Meter der freiliegenden Länge erhält der Sparren 1 ᶜᵐ zur Stärke (pro lfd. Fuß $\frac{1}{2}$ ″).

Beträgt die Spannweite des einfachen Satteldaches über 7 ᵐ (22 ′), so muß der Sparren entweder durch Streben (Fig. 281), oder durch einen Kehlbalken unterstützt werden.

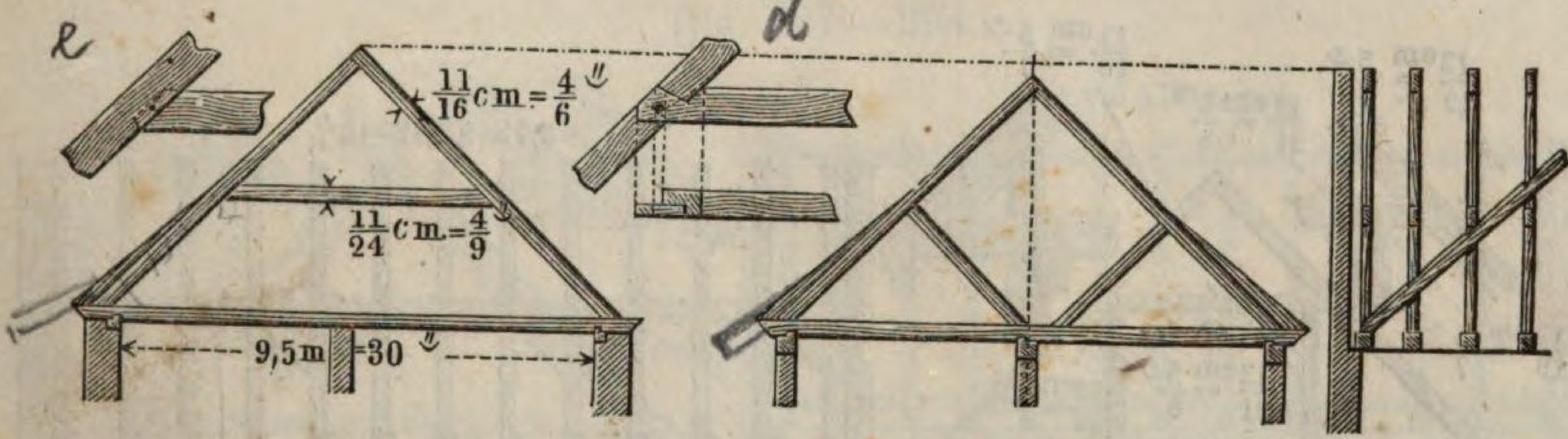
Fig. 281.



2. Das einfache Kehlbalkendach.

Die Fig. 282 a und b zeigen ein solches Dach in Quer- und Längenschnitt. Die Verbindung des Kehlbalkens mit dem Sparren geschieht am häufigsten durch Verzapfung (Fig. 282 e), empfehlenswerther ist aber die schwalbenschwanzförmige Ueberblattung (Fig. 282 d).

Fig. 282.

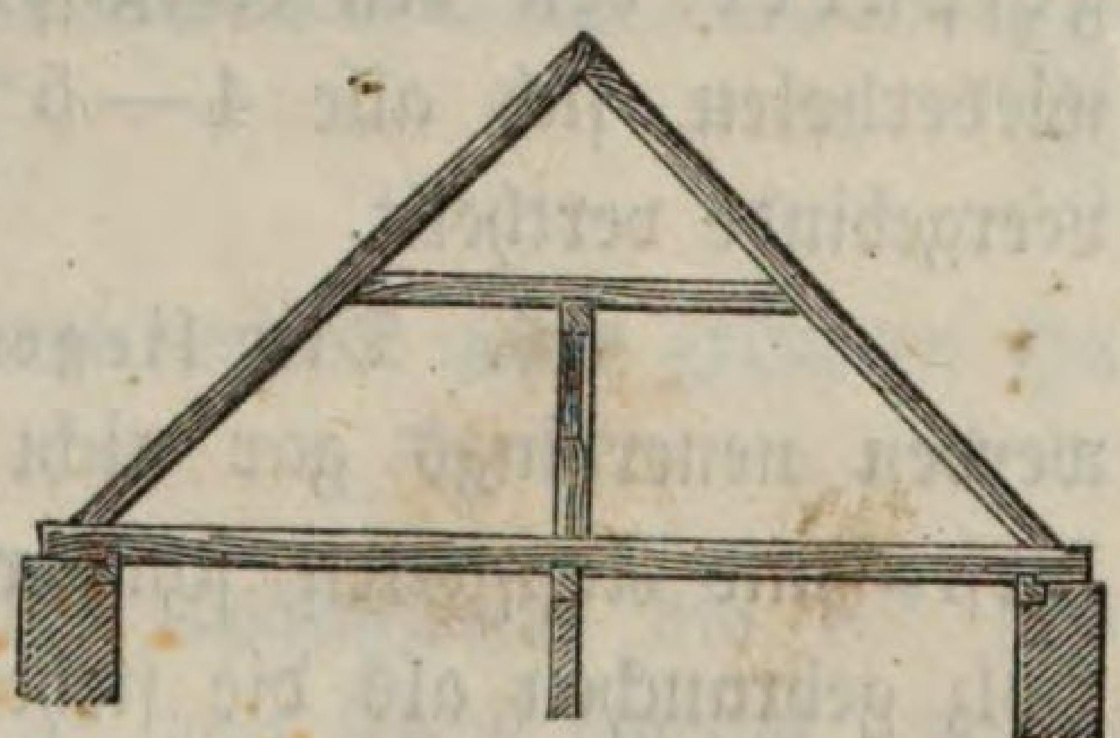


Bei den bisher besprochenen Dachconstructionen ist jedes Gebinde gleichzeitig Haupt- und Leergebinde, anders aber verhält es sich in den folgenden Fällen.

3. Das stehende Kehlbalkendach.

Hierbei wiederholen sich in Entfernungen von 3 oder 4 Bindern die **Hauptbinder**, während die übrigen Leergebinde ausschließlich aus den Dachsparren bestehen.

Fig. 283.



Sind die Kehlbalken zu lang um sich genügend freitragen und gleichzeitig unterstützen zu können, so wird eine

einfache **Stuhlsäule** zur Stütze angeordnet. Zwischen die Stuhlsäule und den Kehlbalken wird dann ein Unterzug (Pfette, Rahm ꝛc.) gelegt, welcher den Längenverband bildet (Fig. 283). Die Pfette ist mit dem Kehlbalken verkämmt; das Verschieben des Längenverbandes wird durch Kopfbänder verhindert.

Der Kehlbalken darf nicht zu schwach sein, da er auf Biegung bedeutend in Anspruch genommen wird.

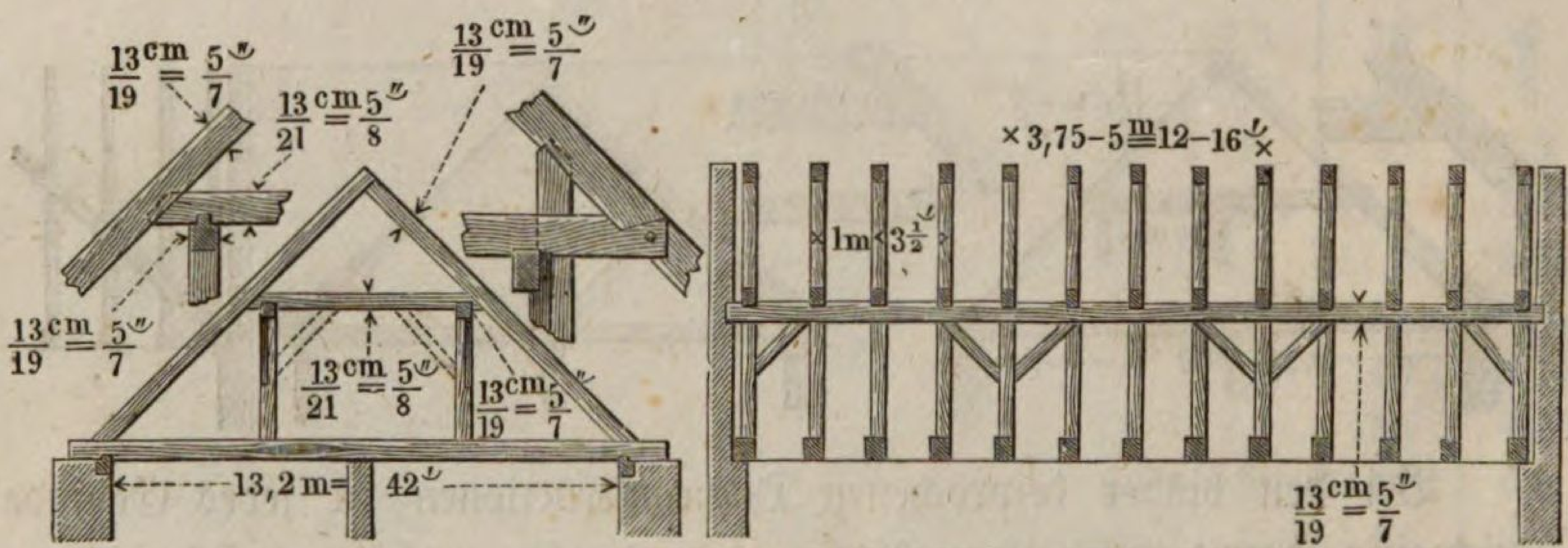
Eine weit bessere Dachconstruction, als die eben besprochene ist:

4. Das doppelt stehende Kehlbalkendach.

In Fig. 284 und 285 ist derselbe dargestellt.

Die Verbindung des Kehlbalkens mit der Pfette und dem Sparren geschieht am einfachsten durch Verzapfung und Verkämmung (Fig. 286). Ein doppelter Kehlbalkendachstuhl kann eine Spannweite von 13 m (42′) erhalten. Bei größerer Spannweite wird der Kehlbalken noch von Kopfbändern unterstützt (wie die punktirten Linien zeigen), so daß er nicht mehr als 5 m (16′) freiliegt.

Fig. 284—286.



Die doppelt stehenden Kehlbalkendächer haben eine einfache Construction und gestatten mit Leichtigkeit am Giebel die Anlage von Bodenkammern ꝛc., alsdann dient die Stuhlwand gleichzeitig zur Begrenzung der Dachkammerwände. Bei diesen Dächern sind die **Bindergespärre** von den Leergespärren zu unterscheiden; die Bindergespärre wiederholen sich alle 4—5 m (12—16′) und werden dazwischen die Leergebinde vertheilt.

5. Die liegenden Kehlbalkendachstühle

werden neuerdings gar nicht mehr construirt, da die Bearbeitung der First- und Kopffetten schwierig ist und diese Dächer außerdem mehr Holz gebrauchen als die stehenden.

Das Pfettendach.

Dasselbe hat folgende wesentliche Vortheile:

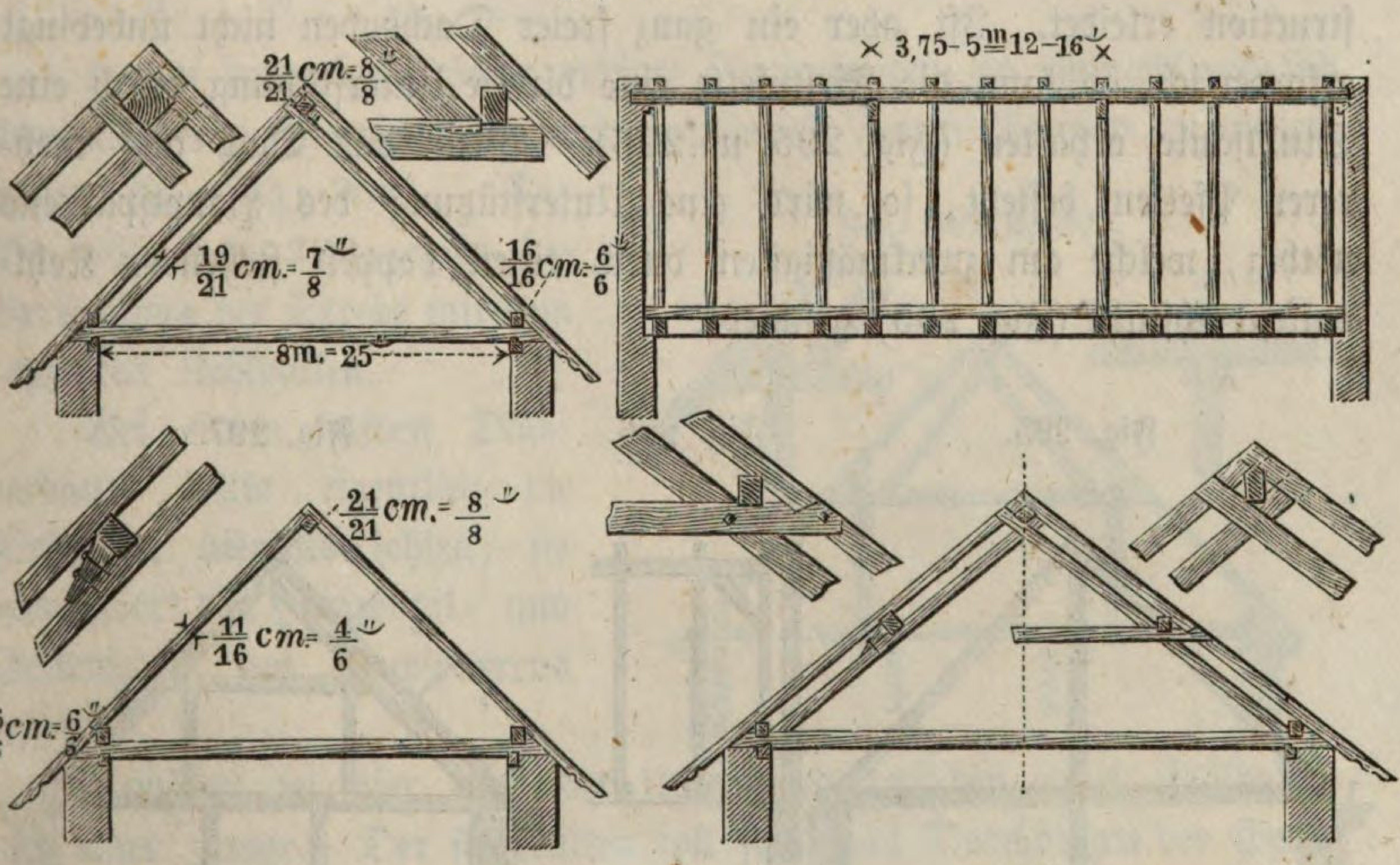
1. läßt sich ohne Schwierigkeiten ein freier Dachraum damit herstellen,
2. kann man es bei allen Dächern zur Anwendung bringen,
3. gestattet es große Holzersparniß,
4. erleichtert es die Anlage überhängender Dächer.

6. Das einfache Pfettendach

besteht aus Hauptsparren, der Firstpfette, Fußpfetten und Dachsparren. Fig. 287 zeigt das Hauptgespärre, Fig. 288 das Leergespärre und 289 den Längendurchschnitt des Daches.

Die Hauptsparren resp. Hauptbinder sind 4—5 m (12—16') von einander entfernt. Die Haupt- und Nebensparren überblatten sich und umgreifen die Firstpfette (Fig. 290 a b); die Verbindung des Hauptsparrens mit der Fußpfette, der Balken mit den Dachsparren zeigt Fig. 291.

Fig. 287—294.



Die Firstpfette giebt der ganzen Construction einen größeren Halt und darf niemals fehlen.

Das einfache Pfettendach kann eine Spannweite bis 8 m (25') erhalten; nehmen wir Schieferbedachung an und setzen voraus, daß die

Entfernung der Sparren 1^{m} ($3^{1}/_{2}$ ′), die Entfernung des Bindegespärres $3{,}15^{m}$ (10′) betrage und daß das Dach $^{1}/_{3}$ der Spannweite zur Höhe habe, so sind die Dimensionen der Hölzer folgende:

für Hauptsparren 18 à 21^{cm} (7 à 8″),
für Leersparren 11 à 16^{cm} (4 à 6″),
für die Firstpfette 16 à 16^{cm} (6 à 6″).

7. Das einfache Pfettendach mit Zwischenpfette.

Bei größerer Spannweite muß der Sparren von einer oder mehreren Pfetten unterstützt werden, wie Fig. 292 zeigt. Die Zwischenpfette wird mit dem Haupt- und Nebensparren verkämmt und bedarf außerdem, um nicht zu kanten, einer Unterstützung durch Knaggen (Fig. 293). Besser ist es, wenn die Pfette und der Sparren von einem Kehlbalken zangenartig umfaßt werden (Fig. 294).

Das Pfettendach mit Hauptsparren hat den großen Vortheil, daß ohne Schwierigkeiten ein ganz freier Dachboden angeordnet werden kann, und daß der Dachbalken keine Belastung durch die Dachconstruction erleidet. Ist aber ein ganz freier Dachboden nicht unbedingt erforderlich, so kann die Firstpfette eine directe Unterstützung durch eine Stuhlsäule erhalten (Fig. 295 u. 296). Wenn das Dach aus mehreren Pfetten besteht, so wird eine Unterstützung des Hauptsparrens nöthig, welche am zweckmäßigsten durch einen doppelt stehenden Kehlbalkendachstuhl (Fig. 295) geschieht.

Fig. 295.

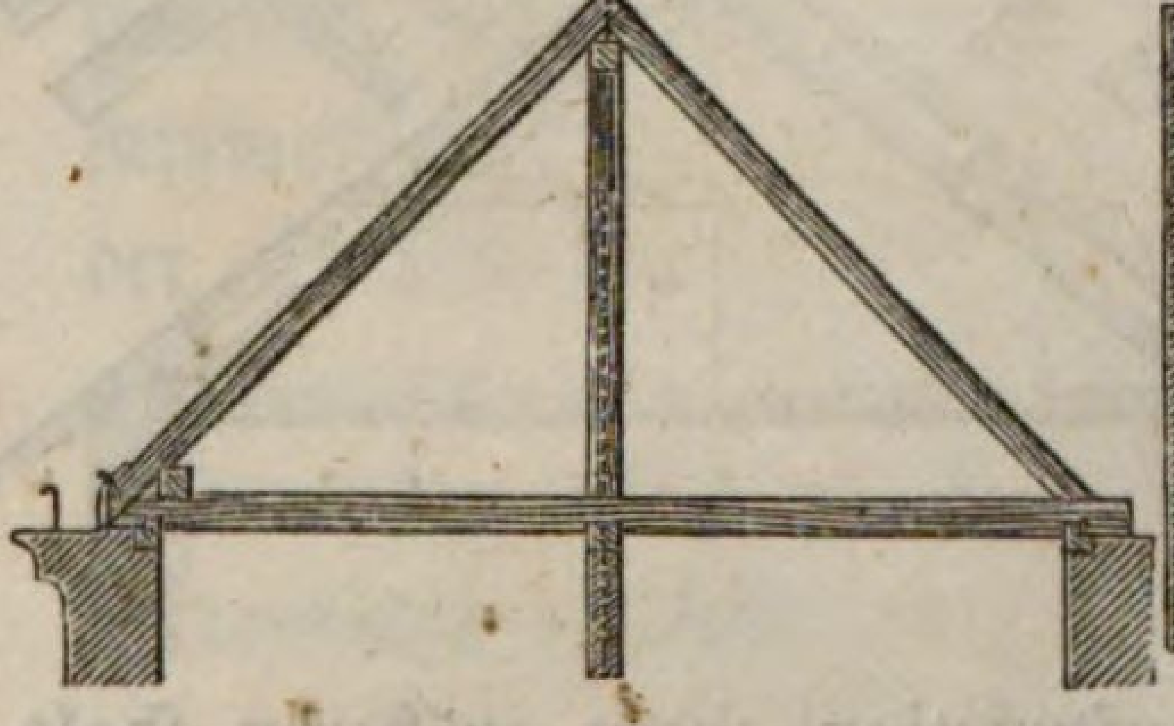


Fig. 296.

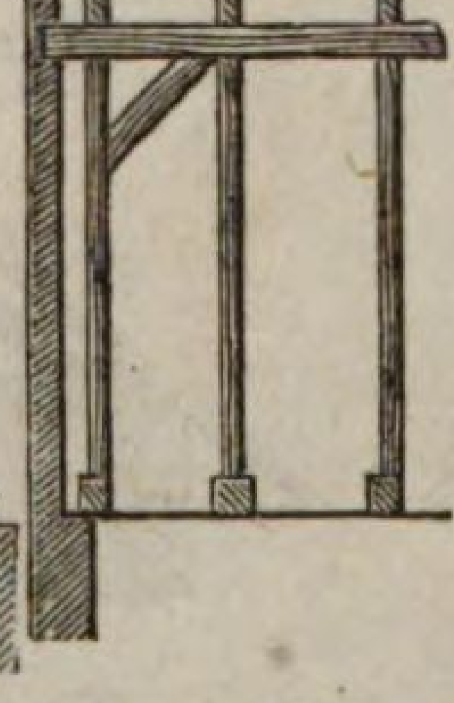
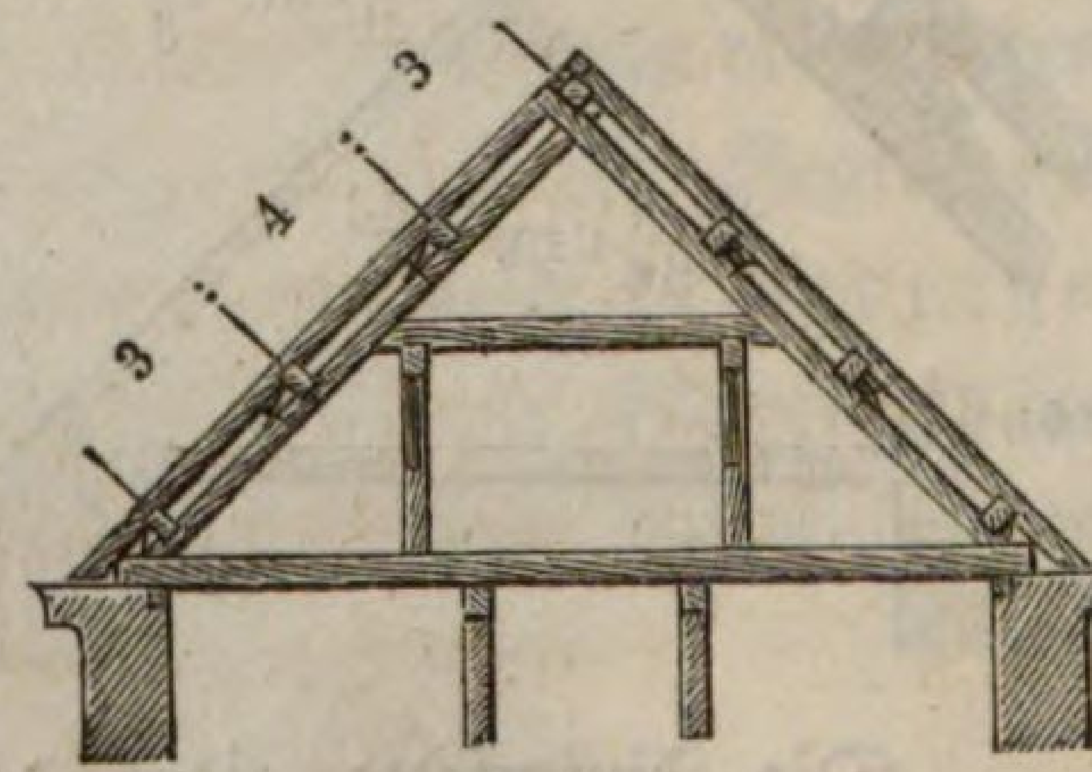


Fig. 297.



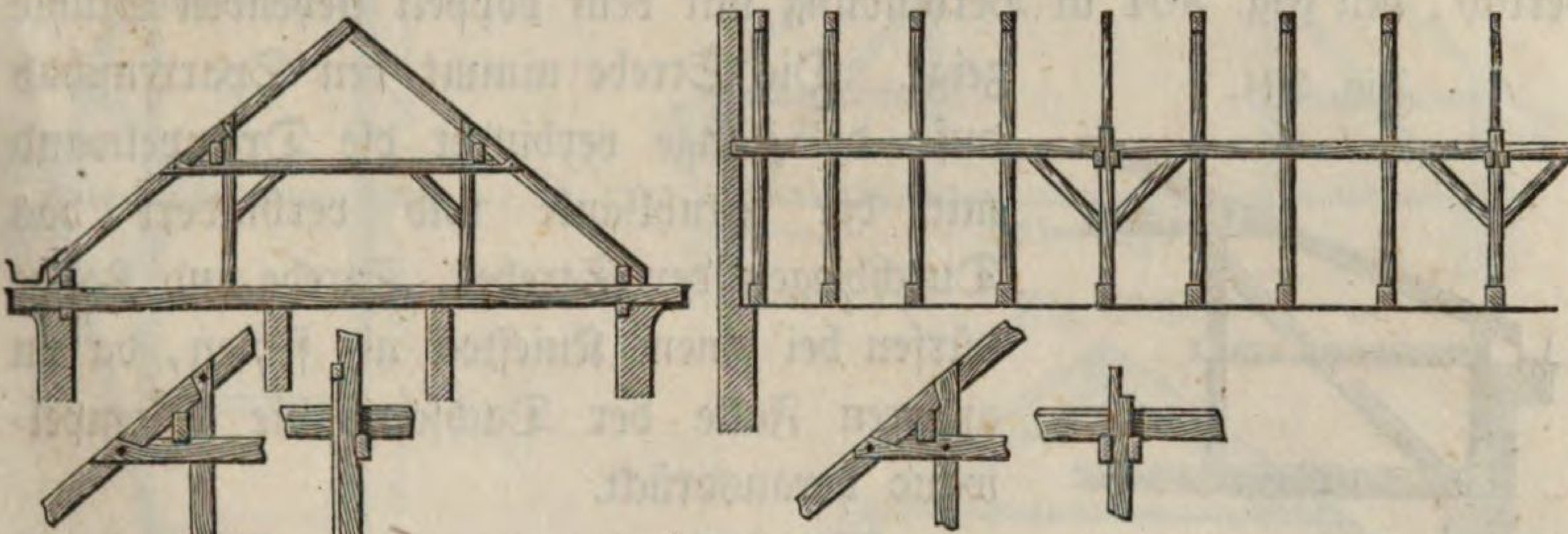
Was die Entfernungen der Pfetten betrifft, so kann sie $3^{3}/_{4}$—5^{m} (12—16′) betragen, bei 3 Pfetten würden die äußeren Zwischenräume zu dem inneren sich wie 3 : 4 : 3 verhalten müssen.

8. Das stehende Pfettendach.

Anstatt durch Hauptsparren kann die Unterstützung der Pfetten direct durch Stuhlsäulen geschehen. Einen solchen Pfettendachstuhl zeigt Fig. 298 und 299.

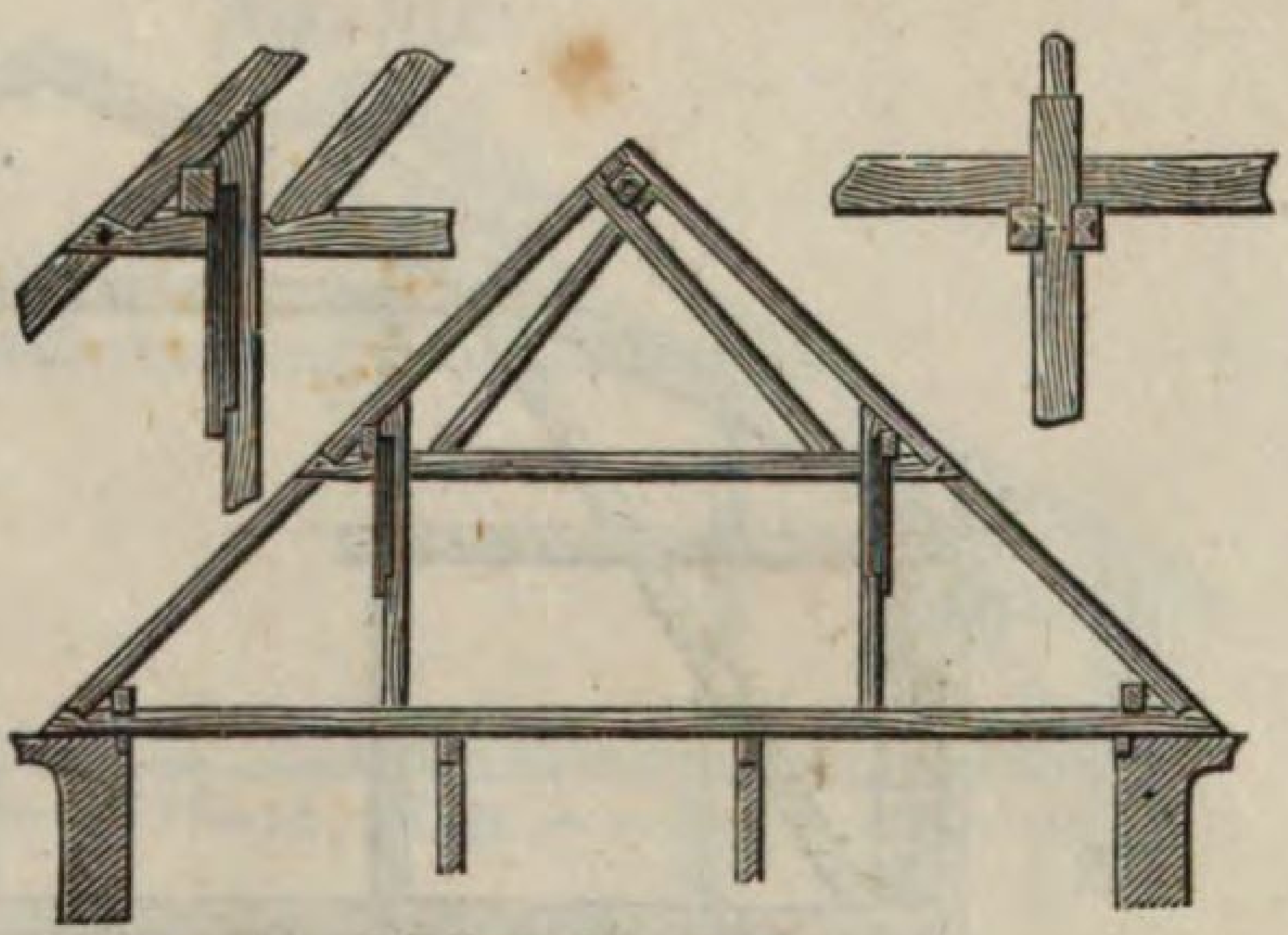
Der doppelte Pfettendachstuhl unterscheidet sich vom Kehlbalkendachstuhl dadurch, daß die Pfette auf dem Kehlbalken ruht und somit sämmtlichen Sparren als Auflager dient, demzufolge wird der Kehlbalken nur bei jedem Hauptbinder nothwendig sein und wirkt er in diesem Falle als Zange (Fig. 300 und 301).

Fig. 298—301.



Haben derartige Dächer größere Spannweiten, so empfiehlt es sich ebenfalls eine Firstpfette anzuordnen, welche durch Streben zu unterstützen ist (Fig. 302). Die Fig. 308 und 309 zeigen die Verbindung der Strebe mit dem doppelten Kehlbalken.

Fig. 302 u. 303.



Bei einem soliden Dachverbande sollte eigentlich die Firstpfette niemals fehlen, sie vermindert den Horizontal- und Seitenschub des Dachsparrens erheblich.

Erwähnt sei hier noch der Unterschied zwischen einem Kehlbalken und einer Zange. Der Kehlbalken soll stets das Durchbiegen der Sparren verhüten, also wird er in der Richtung seiner Faser gedrückt; hingegen soll die Zange die Sparren zusammenhalten und demzufolge werden die Holzfasern gezogen. Daraus geht hervor, daß der Kehlbalken meist bei steilen, und die Zange bei flachen Dächern zur

Anwendung kommen muß. Die Grenze liegt etwa bei dem Winkeldache, bei dem, wie leicht durch Rechnung nachzuweisen ist, die Pressung und der Zug in den Kehlbalken gleich sind.

B. Dächer, welche nicht unmittelbar auf den Balken ruhen.

Bei diesen Dächern ist die Anordnung der Balkenlage ganz unabhängig von der Dachconstruction; die Erstere liegt um 0,60—2,20^m (2—7′) tiefer, als die Sparrenenden, welche entweder auf der Mauer oder auf einer Drempelwand stehen.

Durch diese Versenkung der Balkenlage wird ein Kniestock erforderlich, den Fig. 304 in Verbindung mit dem doppelt stehenden Stuhle zeigt. Die Strebe nimmt den Sparrenschub auf, die Zange verbindet die Drempelwand mit der Stuhlsäule und verhindert das Durchbiegen der Strebe. Strebe und Zange dürfen bei einem Kniestock nie fehlen, da im anderen Falle der Dachschub die Drempelwand herausdrückt.

Fig. 304.

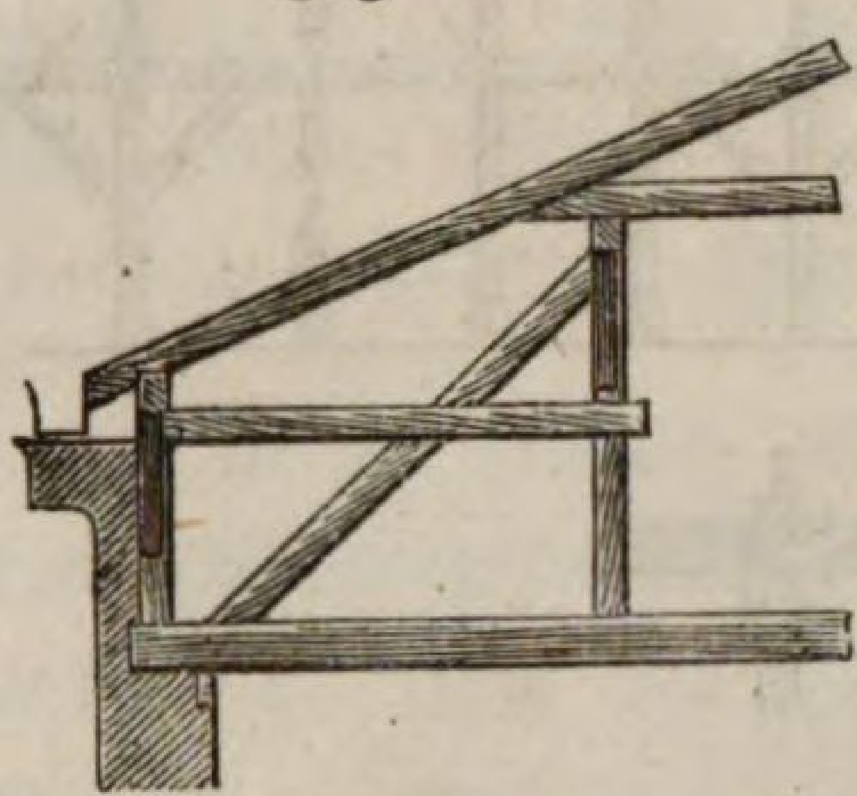
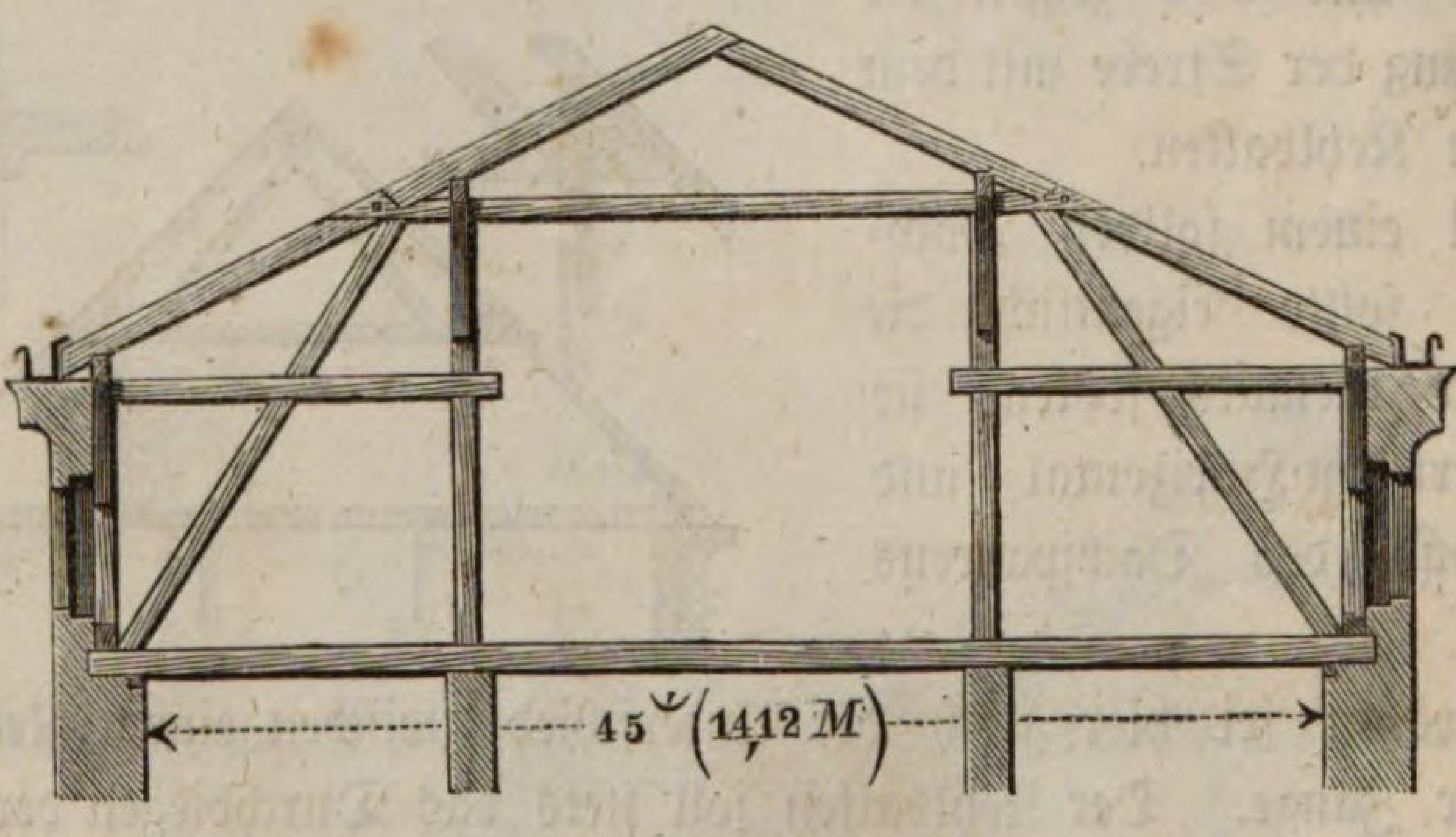


Fig. 305 zeigt ein anderes Pfettenstuhldach in Verbindung mit einem Kniestock, Fig. 306 giebt ein ähnliches Beispiel, wobei jedoch die Zange nur die Strebe umfaßt.

Fig. 305.



In Fig. 307 ist noch eine Firstpfette angeordnet, welche von einer dritten Stuhlsäule unterstützt wird. Diese versperrt aber den Dachraum, so daß eine Unterstützung der Firstpfette wie in Fig. 308, bei höheren Dächern, und wie in Fig. 309, bei flacheren Dächern, vor-

zuziehen ist. Beträgt bei letzterer Construction die Spannweite gegen 17 m (55'), so muß der Kehlbalken von einem leichten Hängewerke (Fig. 310) aufgefangen werden.

Fig. 311 giebt die Anordnung des Pfettendachs mit mehreren Pfetten und einem Kniestock.

Fig. 307.

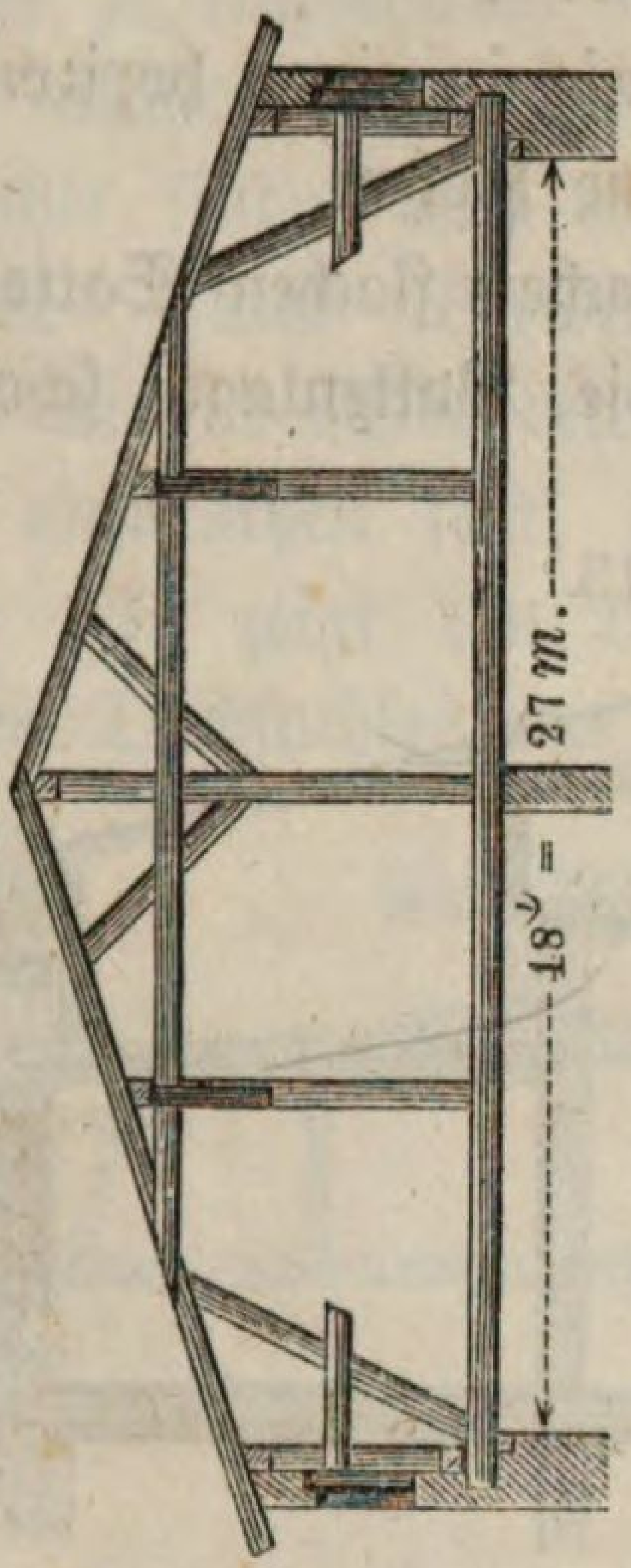


Fig. 308.

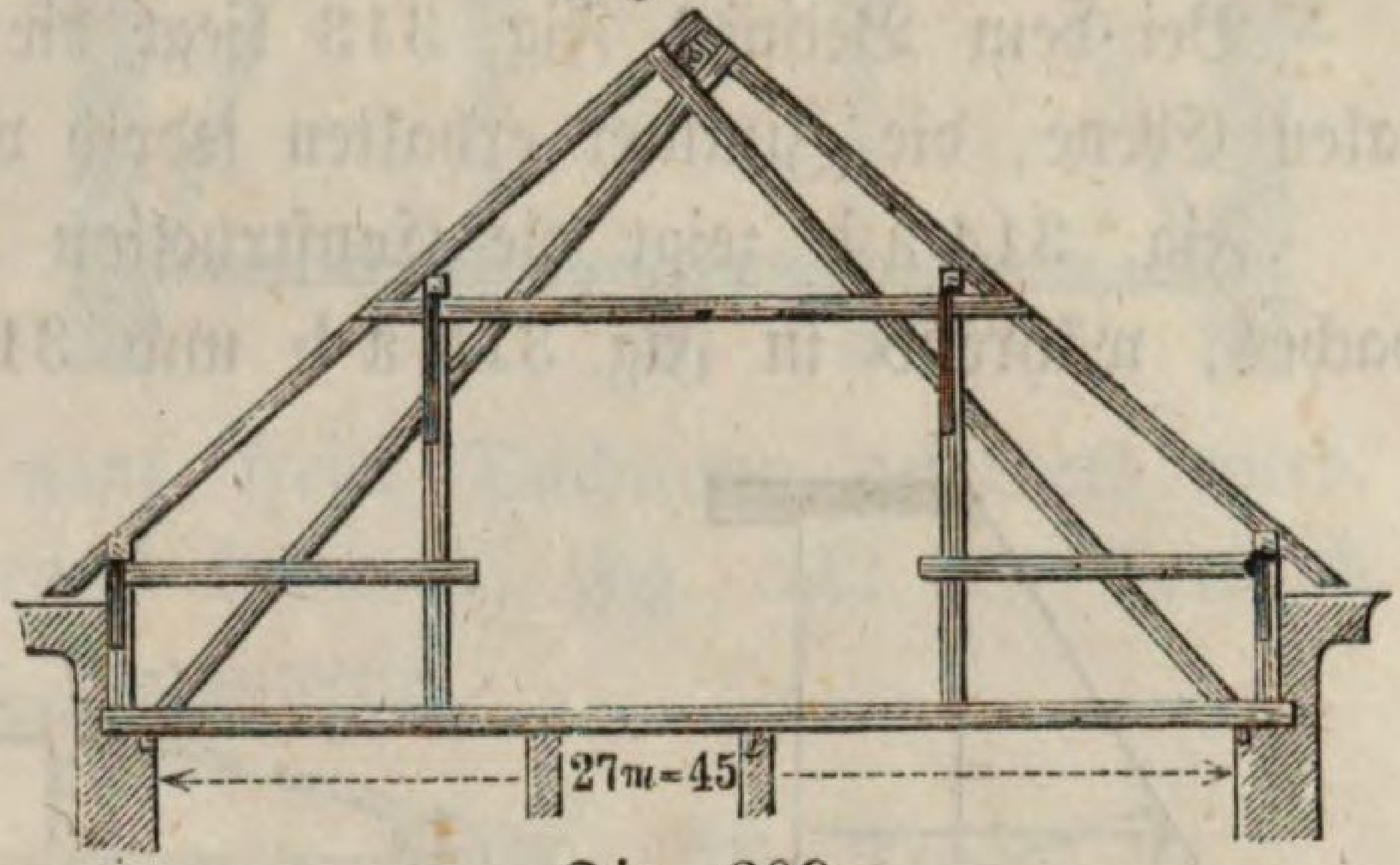


Fig. 309.

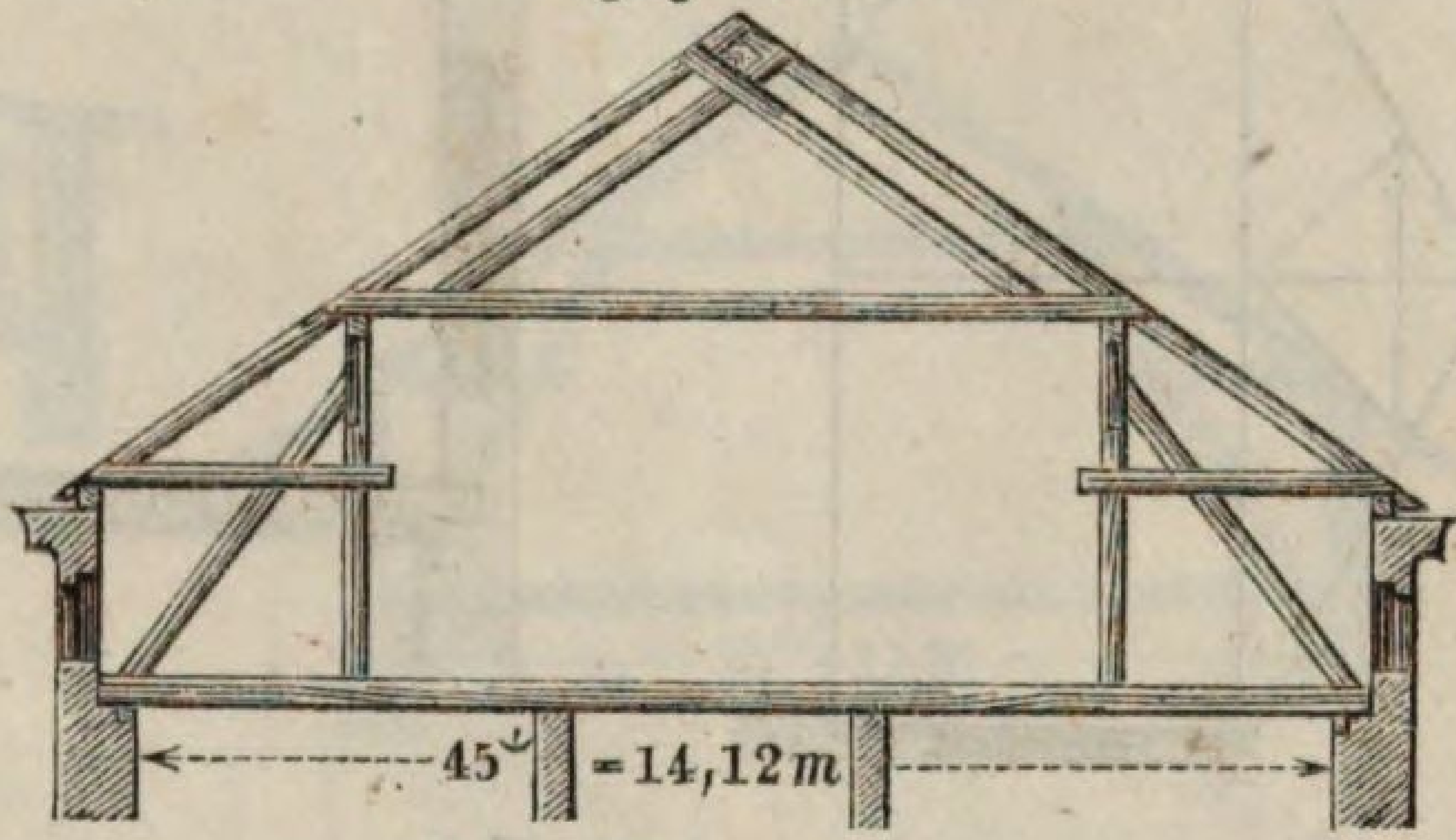


Fig. 306.

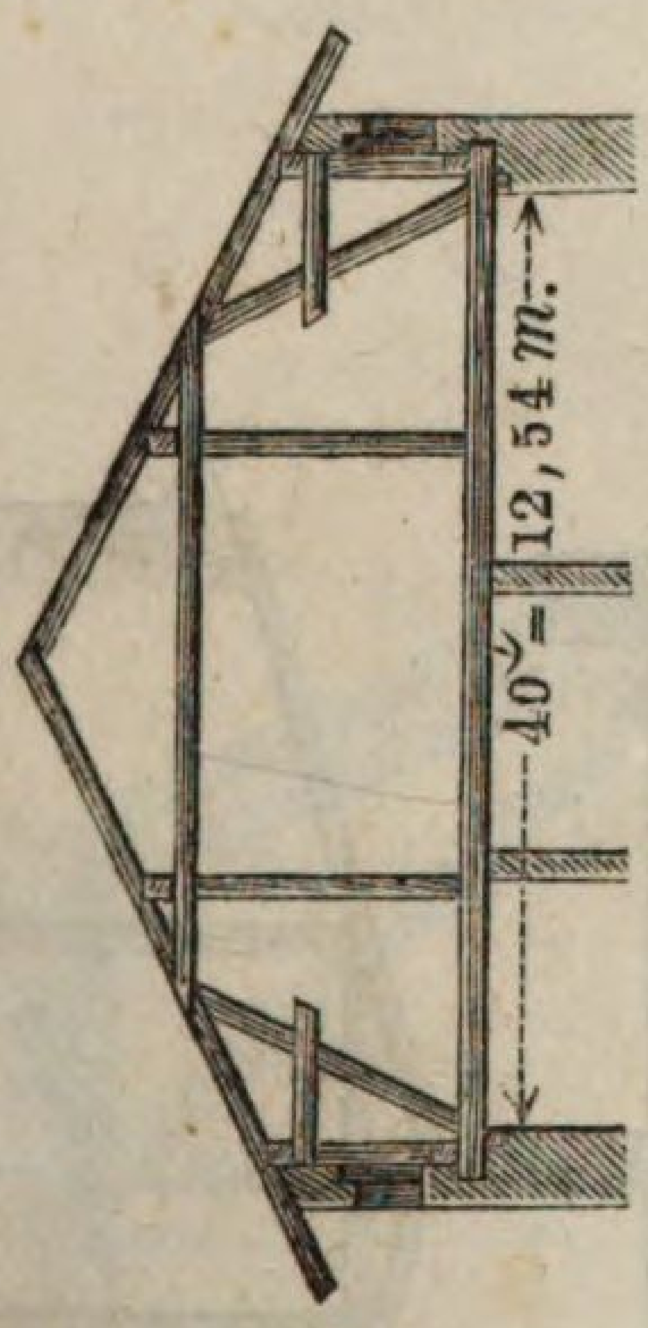


Fig. 310.

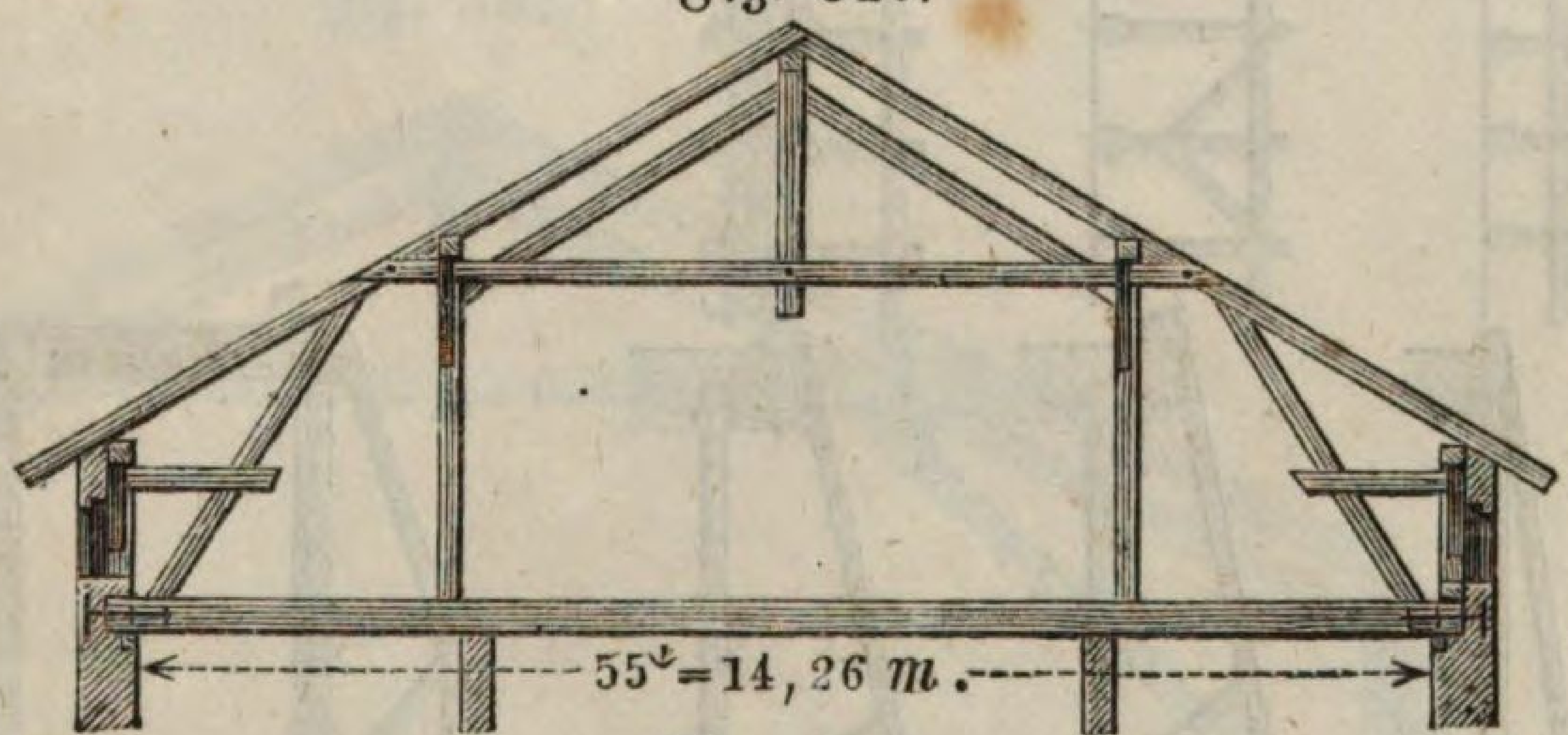
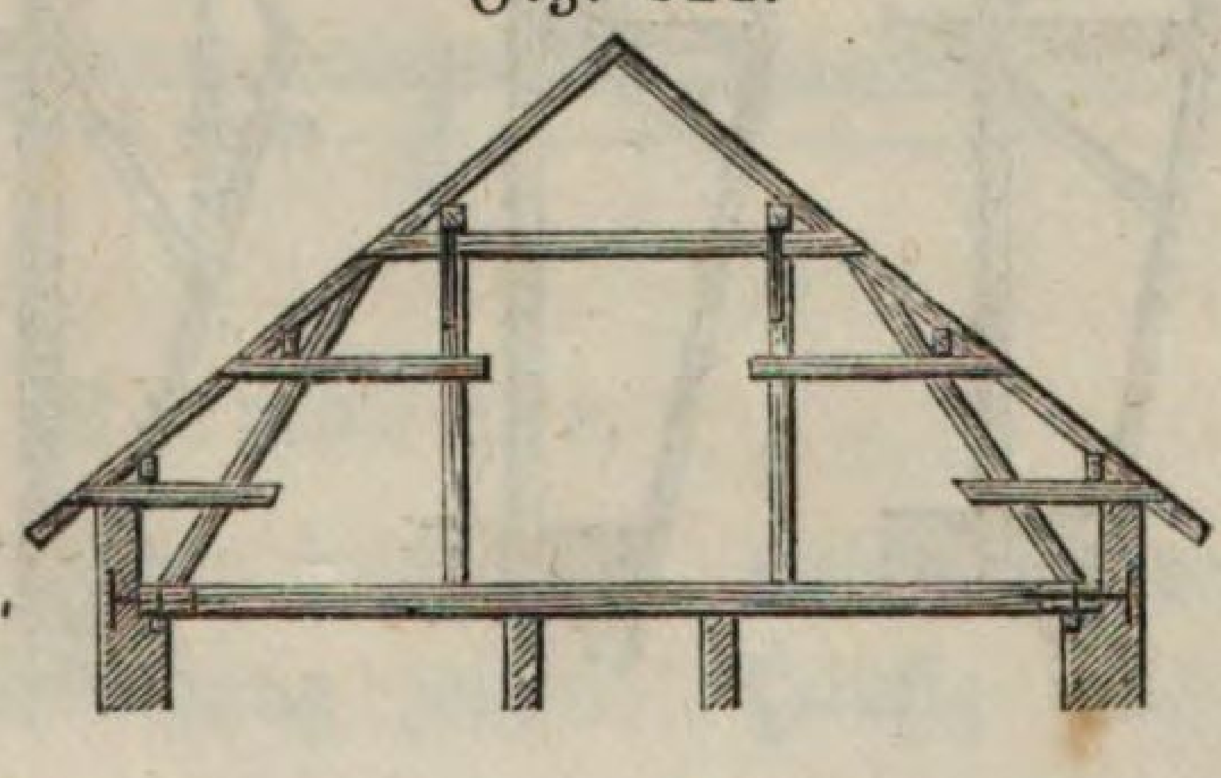


Fig. 311.



Die Dächer mit erhöhten Frontwänden haben den Vortheil, daß sie eine bessere Verwerthung der Dachräume gestatten, und daß sie die Anlage von Fenstern in den Drempelwänden zulassen.

Im Nachfolgenden geben wir die Anordnungen der flachen Dächer. Haben die Frontwände, was häufig vorkommt, verschiedene Höhen, so empfiehlt sich die Construktion der Fig. 312.

Bei dem Beispiel Fig. 313 liegt die Traufinie in einer horizontalen Ebene, die Zimmer erhalten jedoch verschiedene Höhen.

Fig. 314 a b zeigt die Construction des einfachen flachen Satteldaches, während in Fig. 315 a b und 316 a b die Balkenlage schon

Fig. 312.

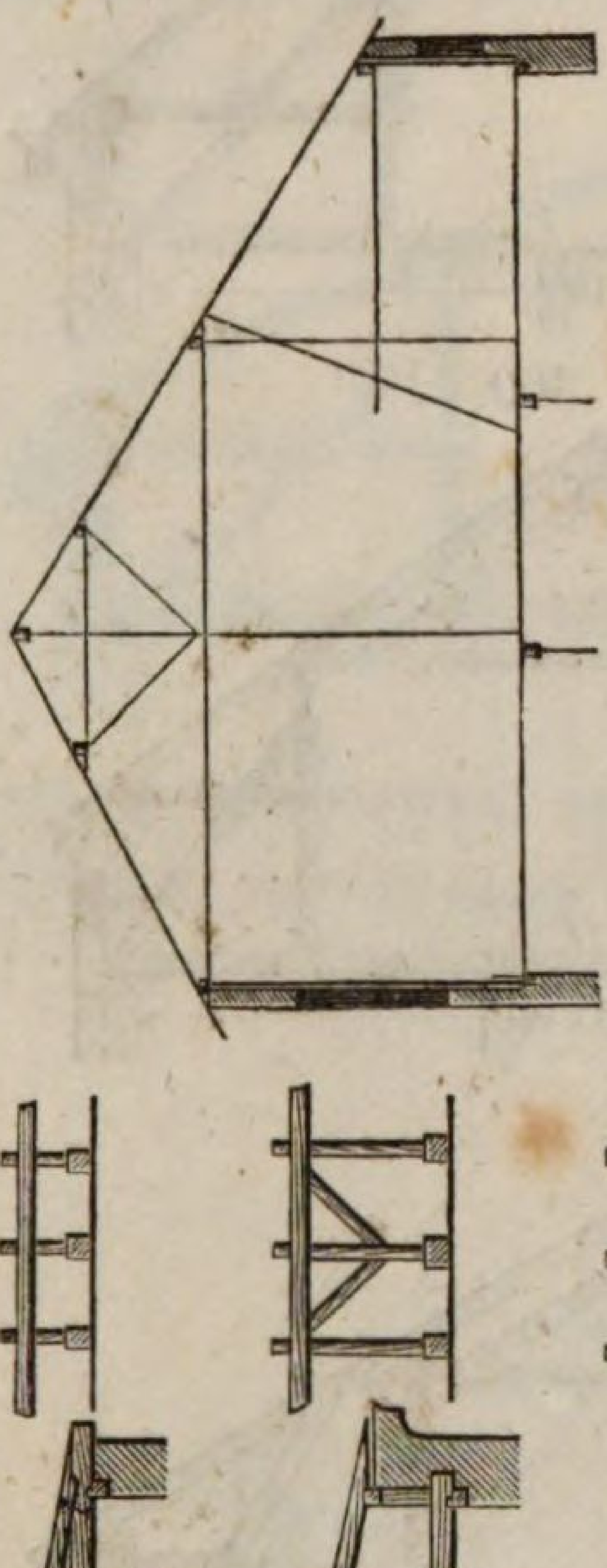


Fig. 313.

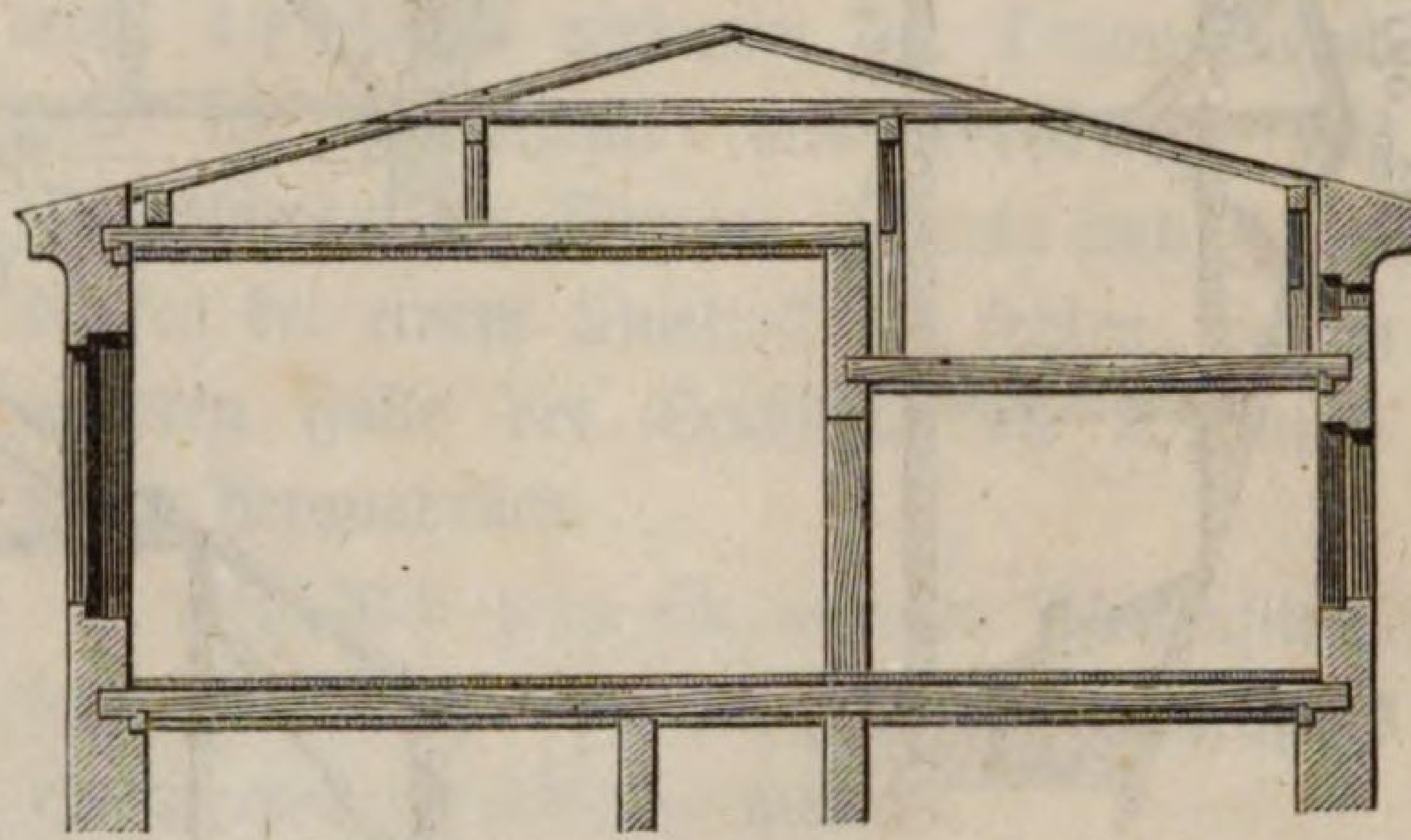
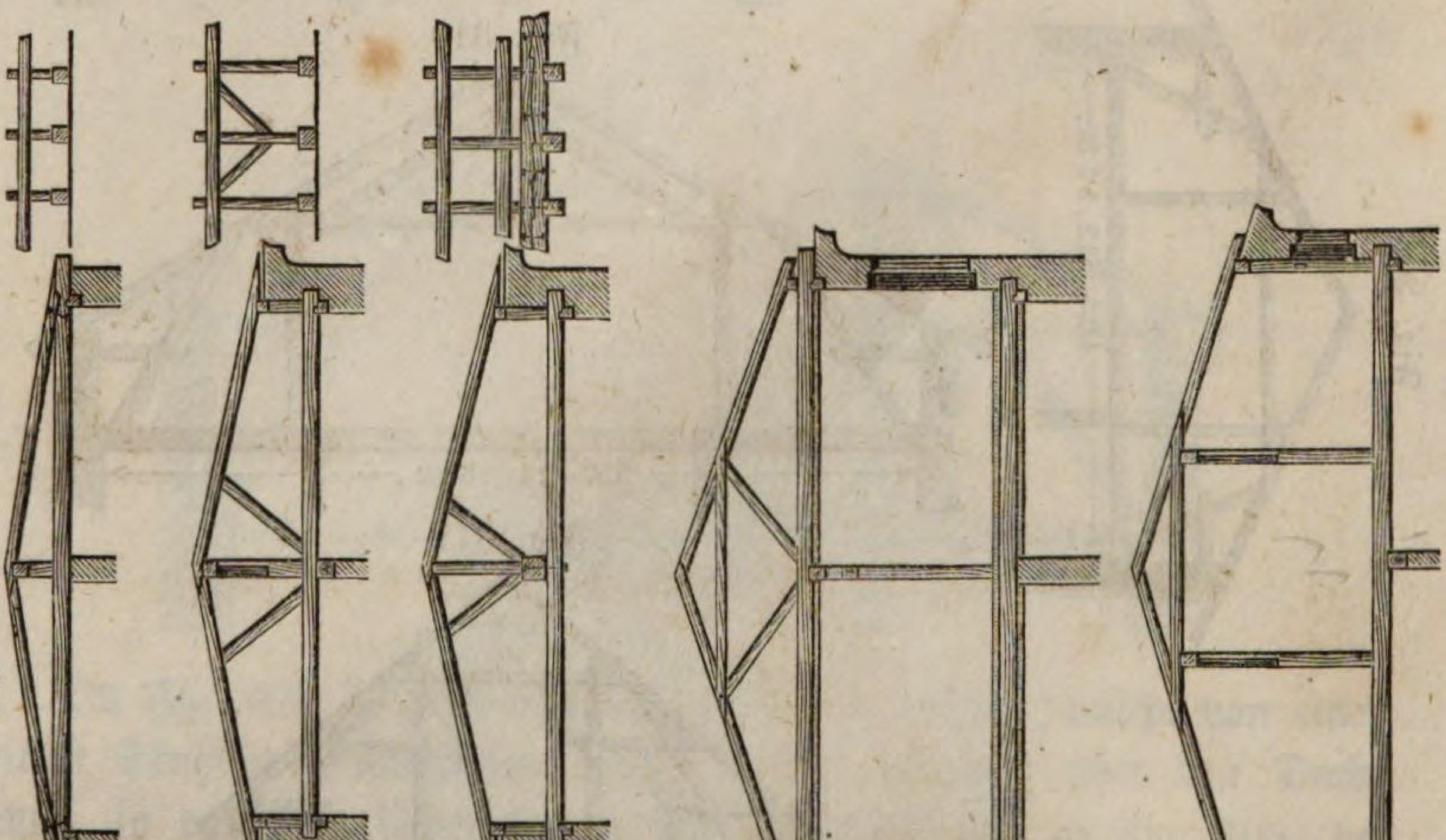
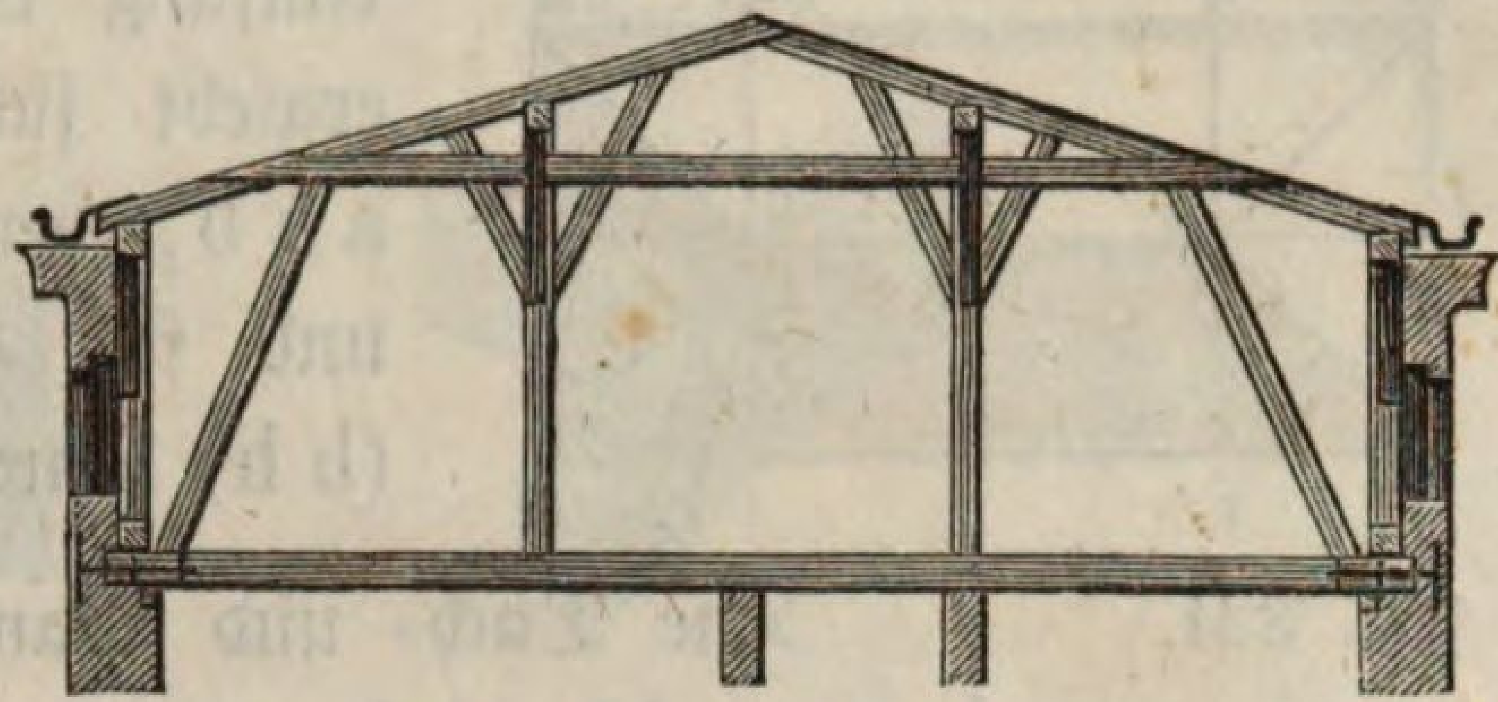


Fig. 314—318.



etwas gesenkt ist. Fig. 317 stellt ein Satteldach ohne Kniestock dar. Die flachen Dächer ohne Kniestock gewähren keinen nutzbaren Dachraum, weshalb dieselben selten vorkommen.

Fig. 319.



Die Dachverbände Fig. 318, 319 und 320 sind daher mehr zu empfehlen.

Außer dem stehenden Stuhle findet auch der liegende Stuhl Verwendung und wird derselbe besonders da anzurathen sein, wo ein ganz freier Dachraum gefordert wird. Fig. 321 zeigt den Verband eines kleineren, Fig. 322 den Verband eines Dachstuhles mit größerer Spannweite.

Fig. 320.

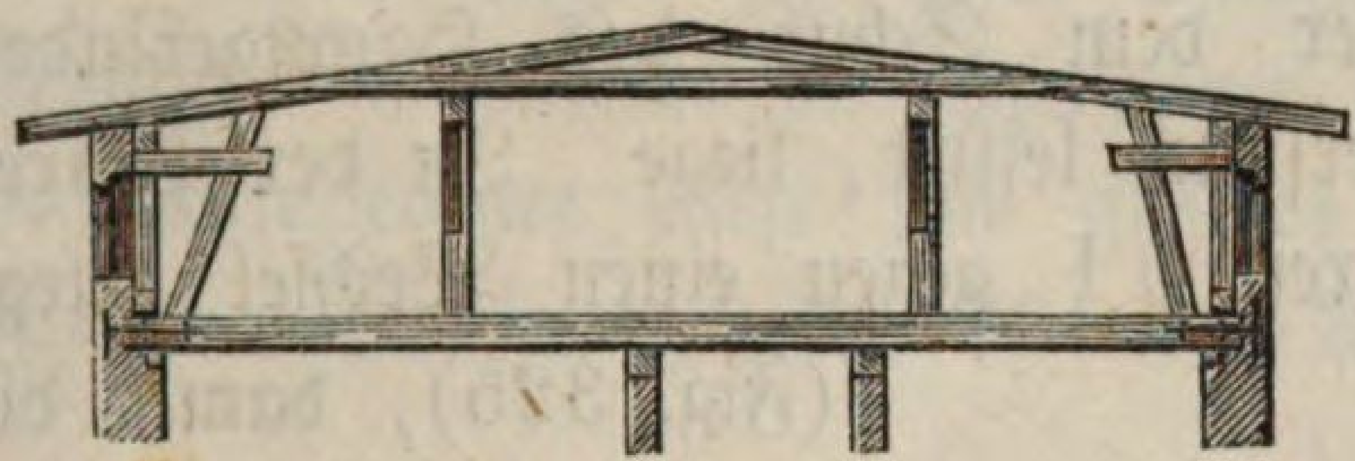


Fig. 321.

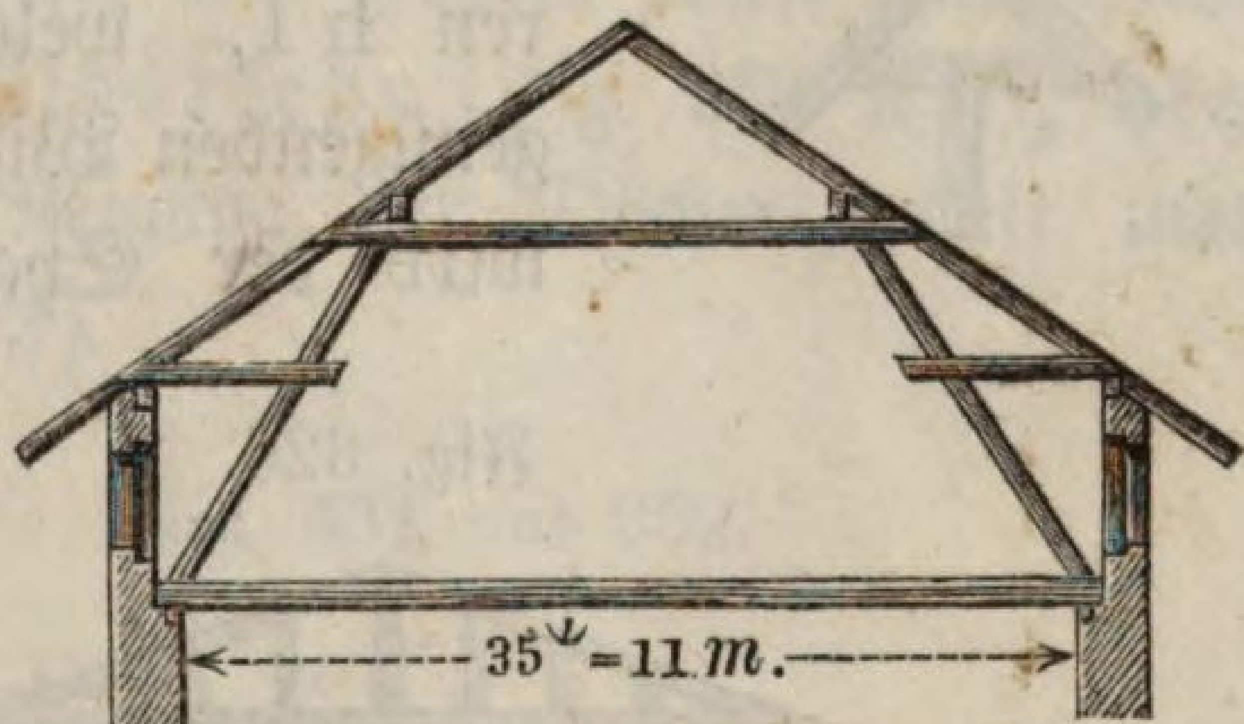
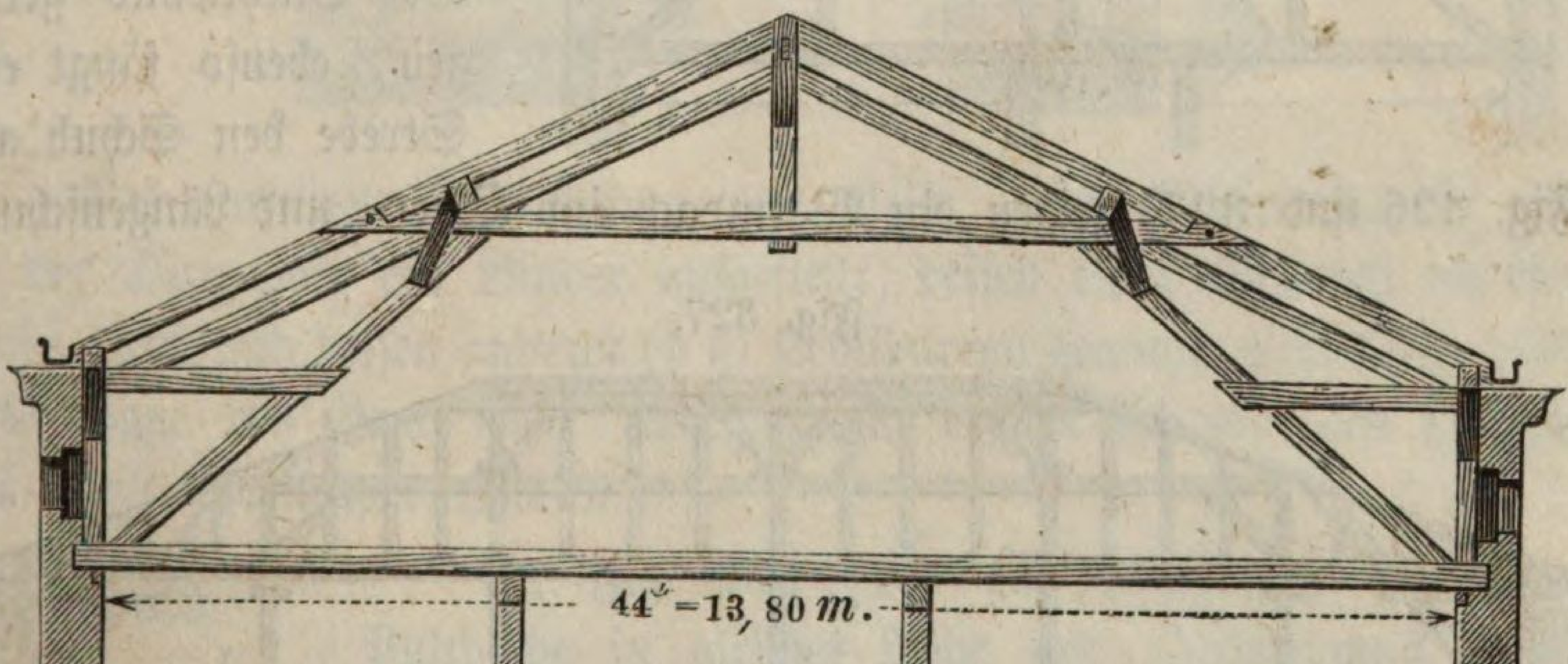


Fig. 322.

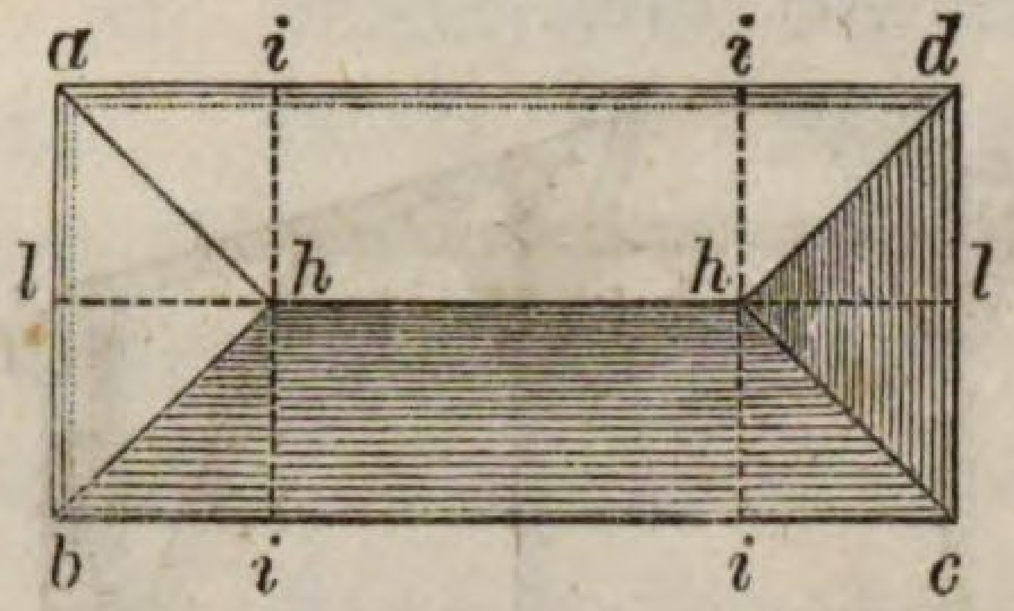


Die Walmdächer.

Wir haben bisher solche Dächer besprochen, welche an den Giebelwänden der Gebäude die Dachneigung zeigen. Häufig soll aber das

Hauptgesims horizontal herumgeführt werden, weshalb dann die Anordnung des Walmes nöthig wird.

Fig. 323.



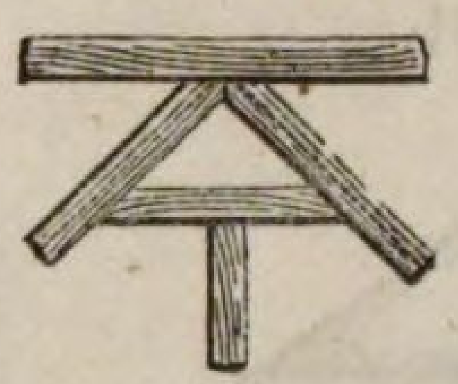
In Fig. 323 bedeutet a b c d den Umfang eines rechteckigen Gebäudes, so ergiebt sich die Walmfläche d c h und a h b, wenn jeder Eckwinkel halbirt wird und sich die Halbirungslinien im Firste (h h) schneiden.

Fig. 324.



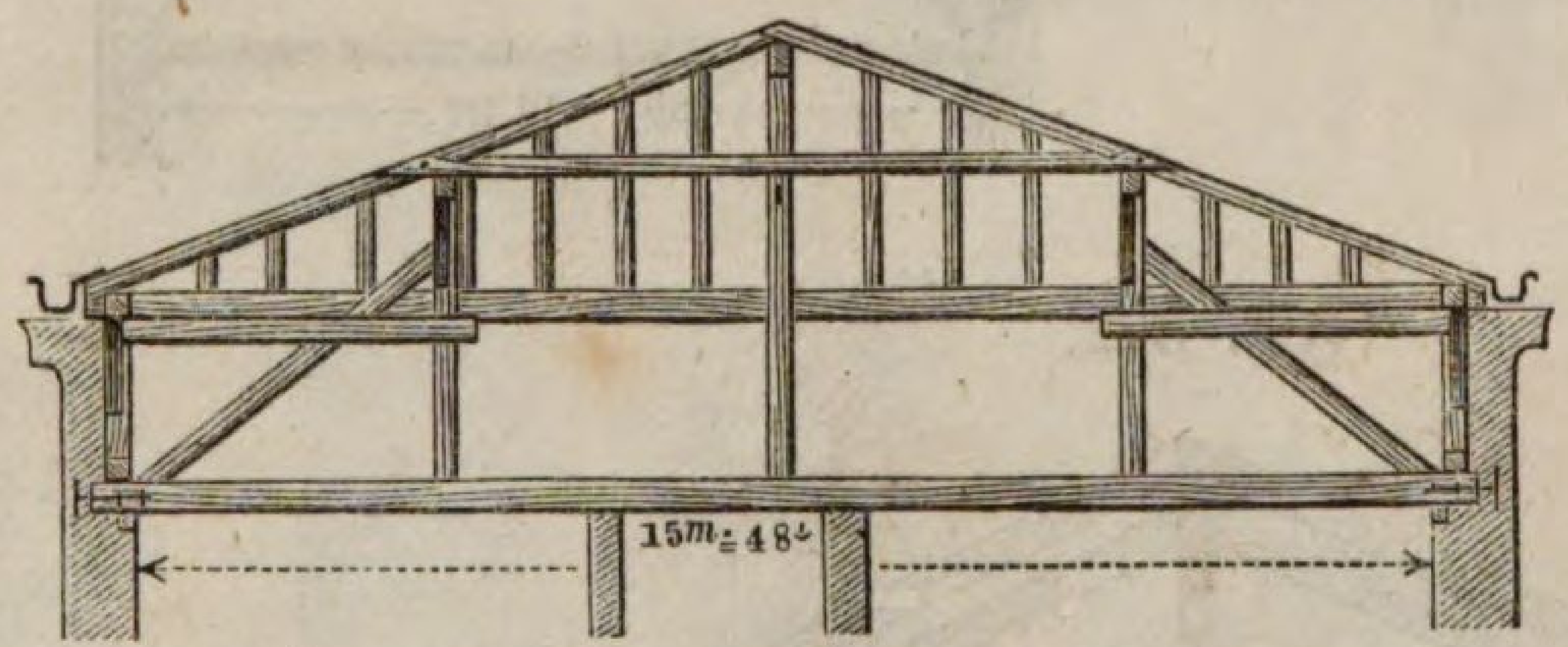
Die Dach- und Wandflächen werden von den Gradsparren d h, h b und h a, h c begrenzt und die letzteren oberhalb der Dach- und Walmfläche abgeschrägt (Fig. 324).

Fig. 325.



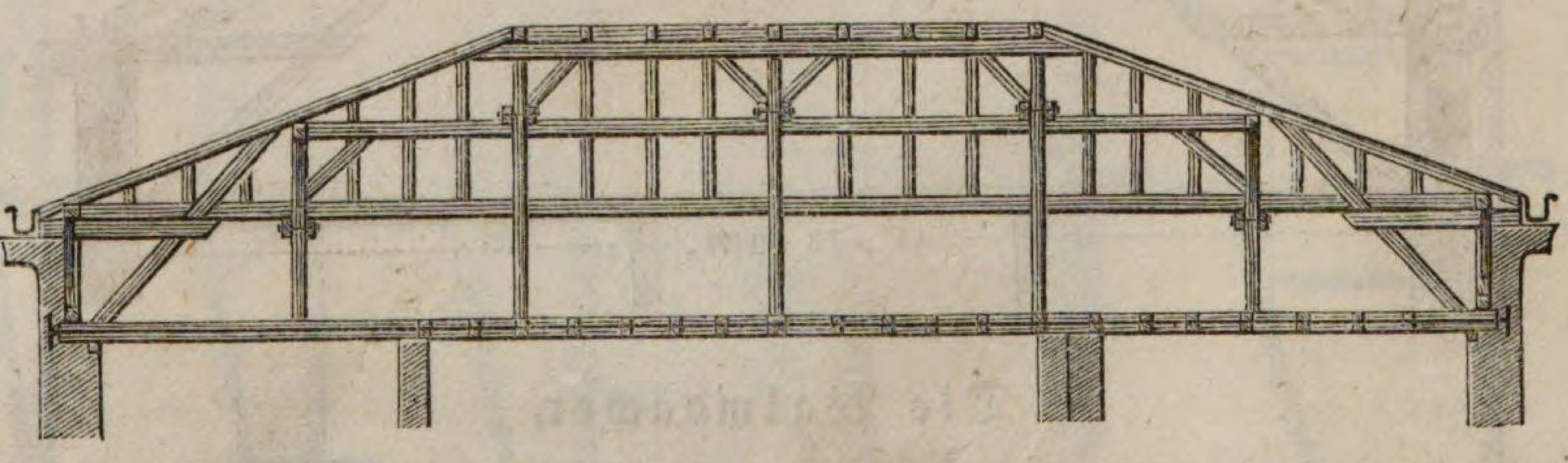
Bei Anordnung der Binder im Walmdach ist nur zu beachten, daß an jeder Walmspitze ein Sparren h l, welcher dem Schub des Hauptgebindes genügenden Widerstand leistet, liege. In der Praxis wird der Sparren h l gegen einen Wechsel gelegt (Fig. 325), damit die Hölzer ein besseres Widerlager erhalten. Die Walmsparren werden von den Pfetten und der Stuhlwand getragen, ebenso fängt eine Strebe den Schub auf.

Fig. 326.



(Fig. 326 und 327) zeigen ein Walmdach im Quer- und Längenschnitt.

Fig. 327.



Bezeichnen a b c d e f g i Fig. 328 die Grundfläche eines Gebäudes, welches mit Satteldächern überdeckt wird, so giebt die Durch-

dringung der Flächen des Haupt- und Nebendaches zwei Kehlen h i und h e; in diesen liegt der Kehlsparren auf den sich die Reitersparren der beiden Dachflächen, mittels einer Klaue, stützen (Fig. 329).

Fig. 328.

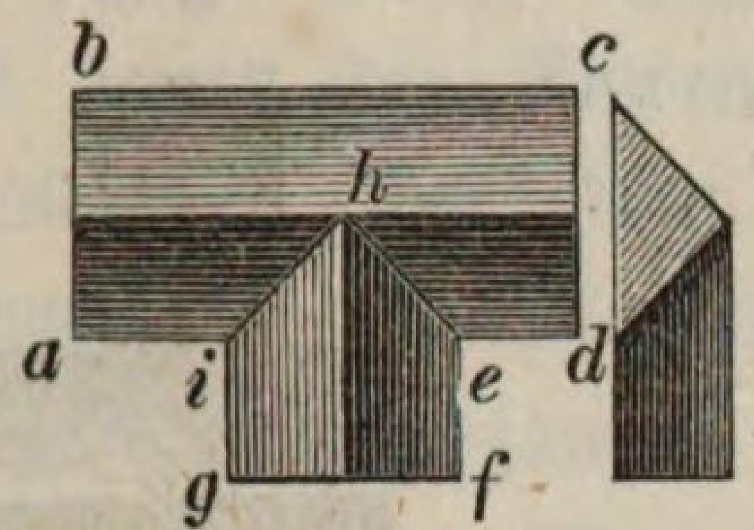
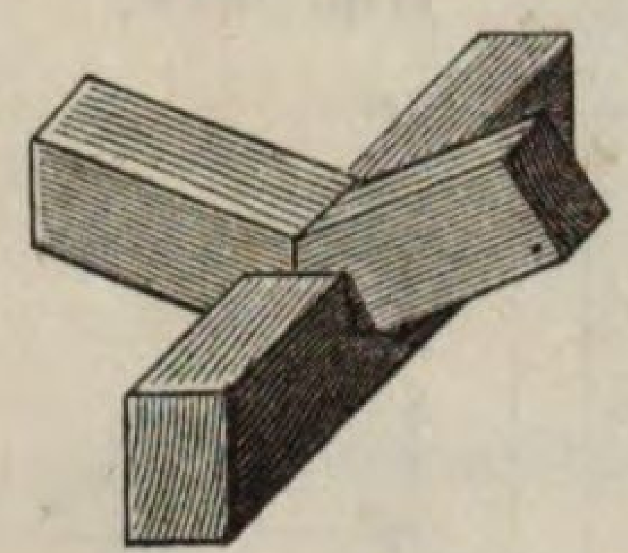


Fig. 329.



Die zusammengesetzten Dächer.

Zu dieser Gattung rechnet man alle diejenigen Dächer, deren Grundflächen sich aus vorspringenden und rückliegenden Frontwänden zusammensetzen, wodurch also Dachkehlen und Grate entstehen.

Durchdringen sich zwei Dachflächen von gleicher Tiefe und Dachneigung, so entsteht die sogenannte Widerkehr (Fig. 330 a b); aber bei verschiedener Tiefe und gleicher Neigung der Dächer erhält man eine Verfallung (Fig. 331 und 332).

Fig. 330.

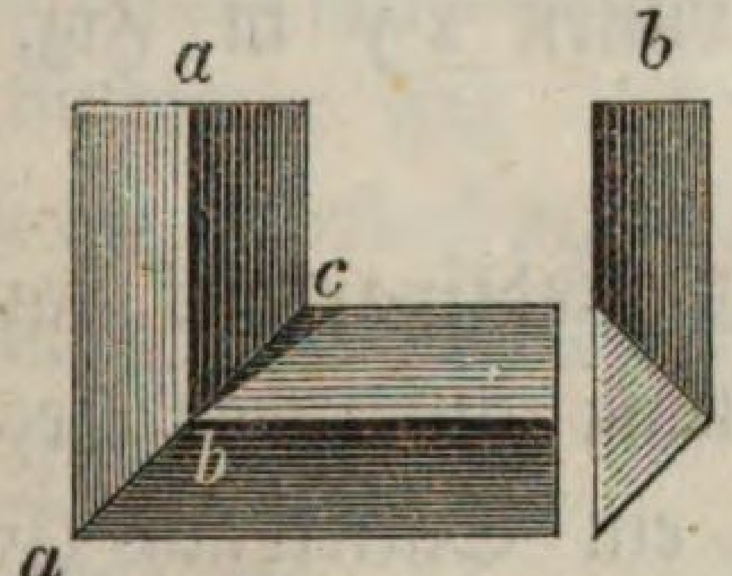
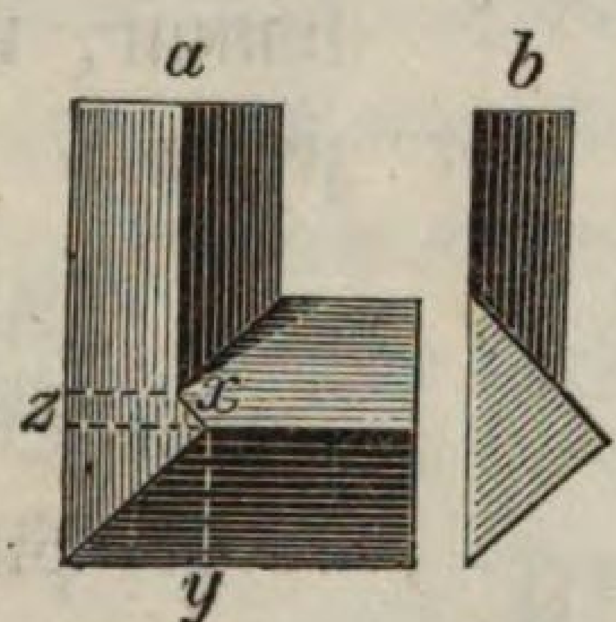
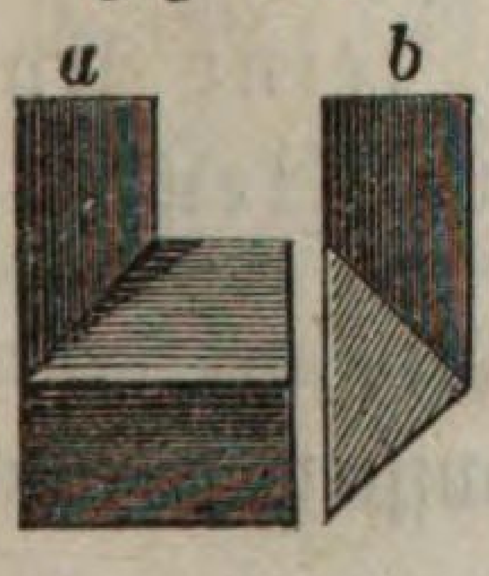


Fig. 331 und 332.



Bei einzelnen Widerkehren mit gleich tiefen Gebäudeflügeln wird in der Diagonale ein Binder aufgestellt, dessen einer Sparren im Grat (a b) liegt und dessen anderer (b c) Kehlsparren genannt wird (Fig. 330). Die Länge des Grat resp. Kehlsparrens ergiebt sich aus den Horizontal- und Vertikalprojectionen.

Fig. 333.



In Fig. 333 stößt ein Satteldach mit einem Pultdache in gleicher Höhe und Dachneigung zusammen; in Fig. 334 jedoch hat das Pultdach eine bedeutend größere Tiefe als das halbe Satteldach, so daß eine Verfallung entsteht. In Fig. 335 stoßen zwei Satteldächer von verschiedenen Tiefen, aber gleichen

Dachneigungen zusammen, wobei nur 2 Kehlen vorhanden sind; anders verhält es sich aber bei Fig. 336; hier ist der Flügel bedeutend tiefer, als das durchgehende Satteldach, weshalb eine Verfallung gebildet werden muß.

Fig. 334.

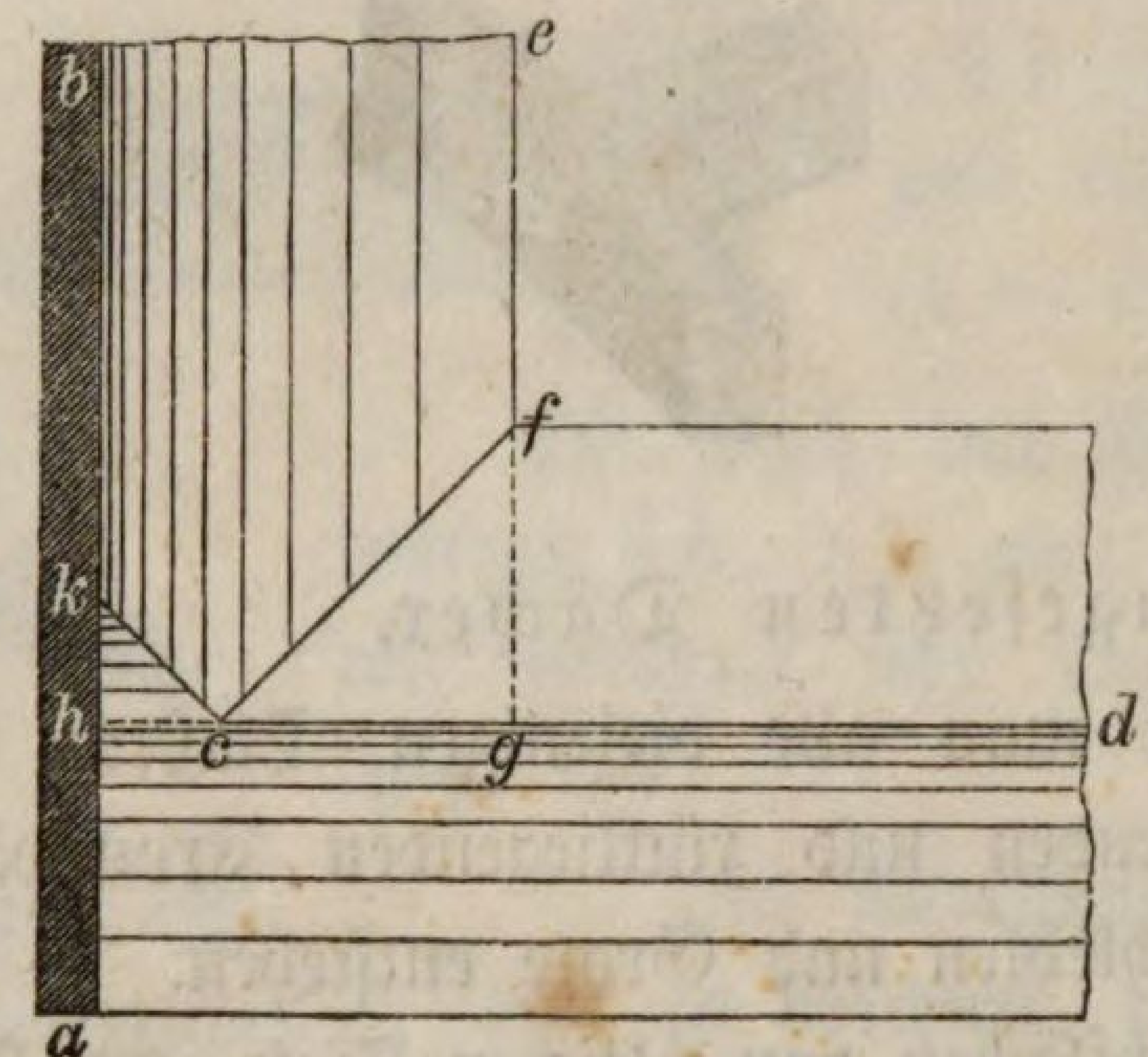


Fig. 335.

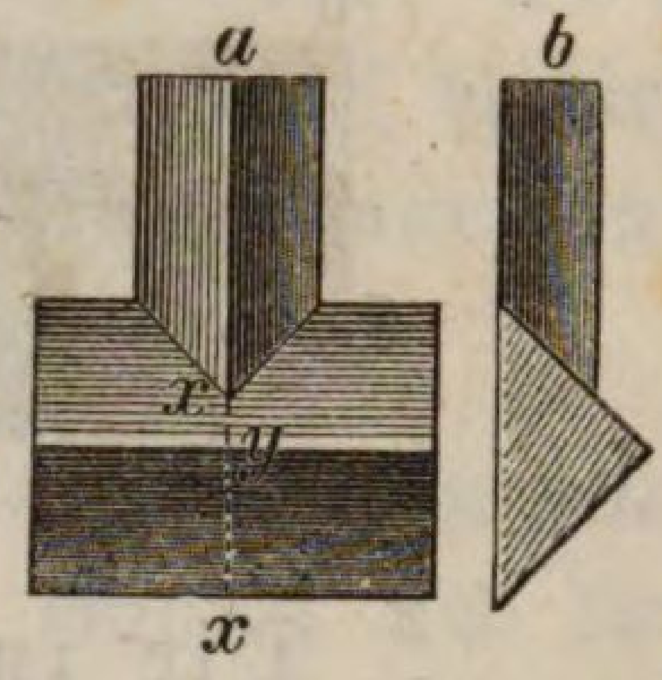


Fig. 336.

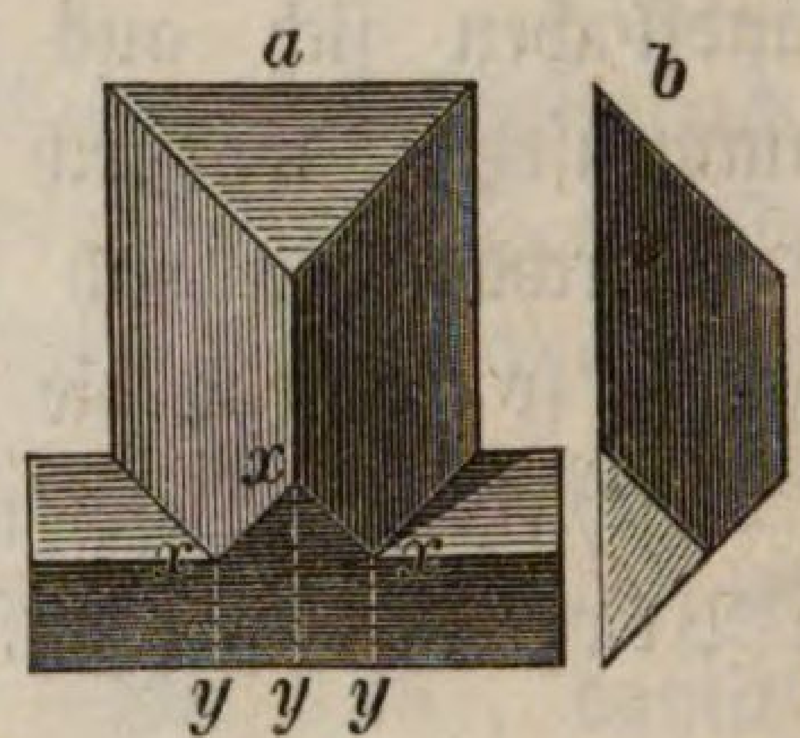
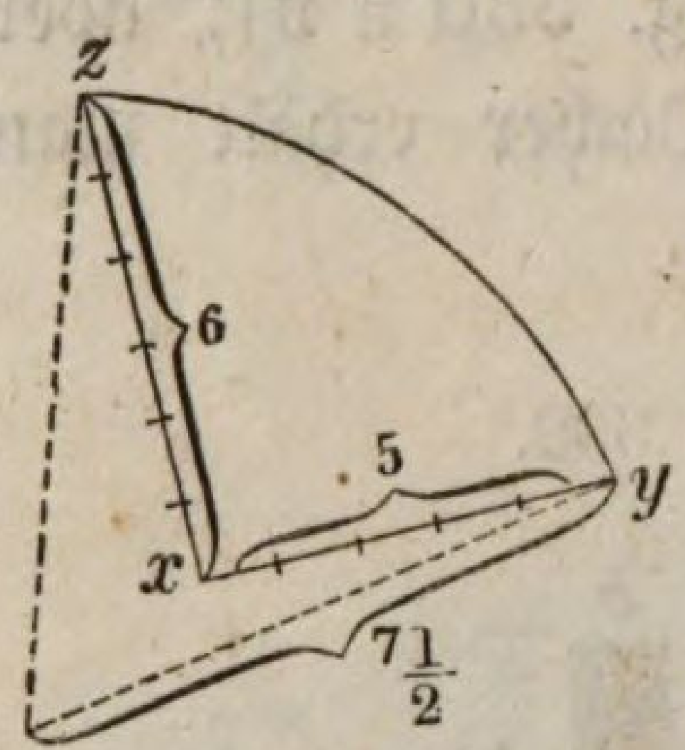
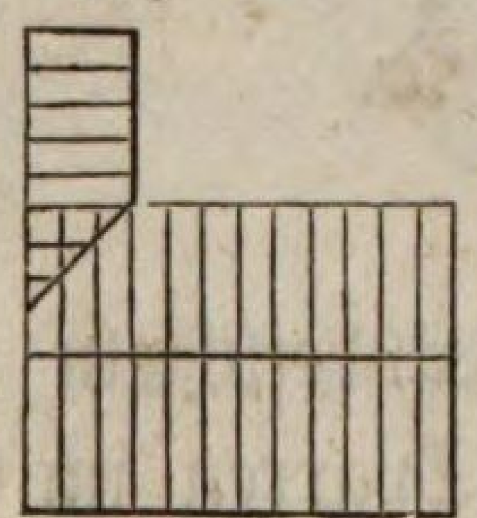


Fig. 337.

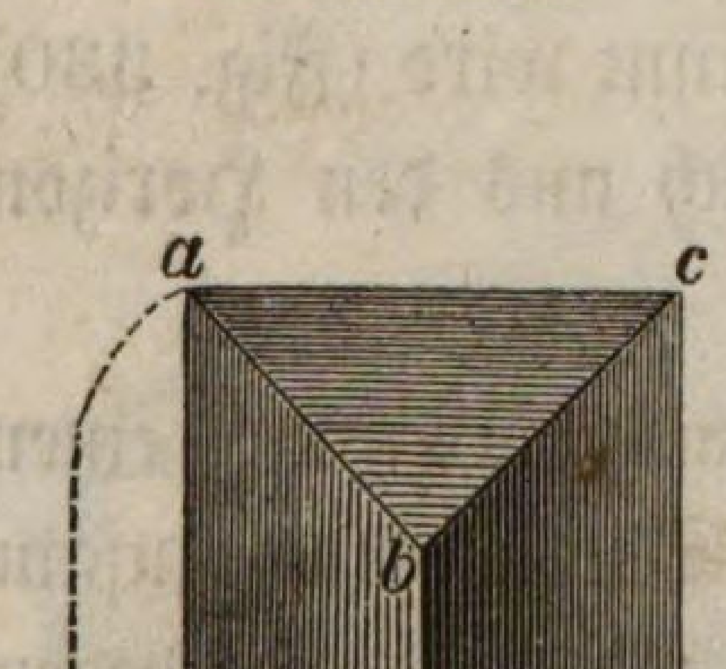


Bei Anordnung der Sparren ist nun stets zu beachten, daß dem Anfallspunkte der Grat- resp. Kehlsparren gegenüber, ein Gebind zu liegen kommt, wie die Linien x y in Fig. 334 — 337 zeigen.

Fig. 338.



Anstatt des Kehlsparrens kann man auch eine Bohlenschiftung anwenden; es stoßen z. B. ein Pult- und ein Satteldach (Fig. 338) zusammen, so lasse man die Sparren des Satteldaches in ganzen Längen durchgehen, lege in der Richtung der Kehle eine Bohle und schifte hierauf die Reitersparren des Pultdaches. Hierdurch wird die schwierige Bearbeitung des Kehlsparrens erspart.



Dächer, deren Balkenlage keine Unterstützung von unten erhalten.

Hierzu rechnet man die Dächer, bei denen Hängewerke die Balkenlagen auffangen und

zugleich die Sparren unterstützen. Am vortheilhaftesten ist die Anwendung dieser Construction bei dem Pfettendach. Die Hängewerksstreben können hierbei als Hauptsparren und die Hängewerkssäulen zur Unterstützung der Pfetten dienen. Fig. 339 A und B zeigen die Anwendung des Pfettendaches bei dem einfachen Hängebock; die Mittelpfette kann entweder durch Zangen oder Knaggen unterstützt werden, im anderen Falle verhindert die Zange das Durchbiegen des Hauptsparrens.

Fig. 339.

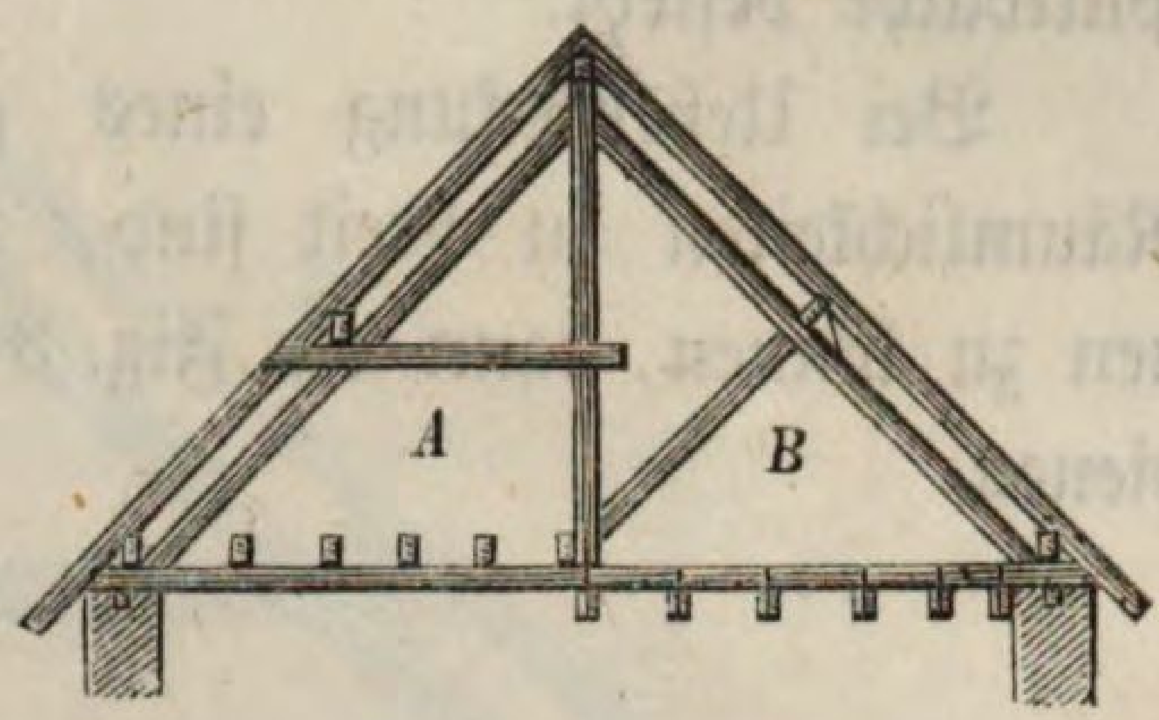
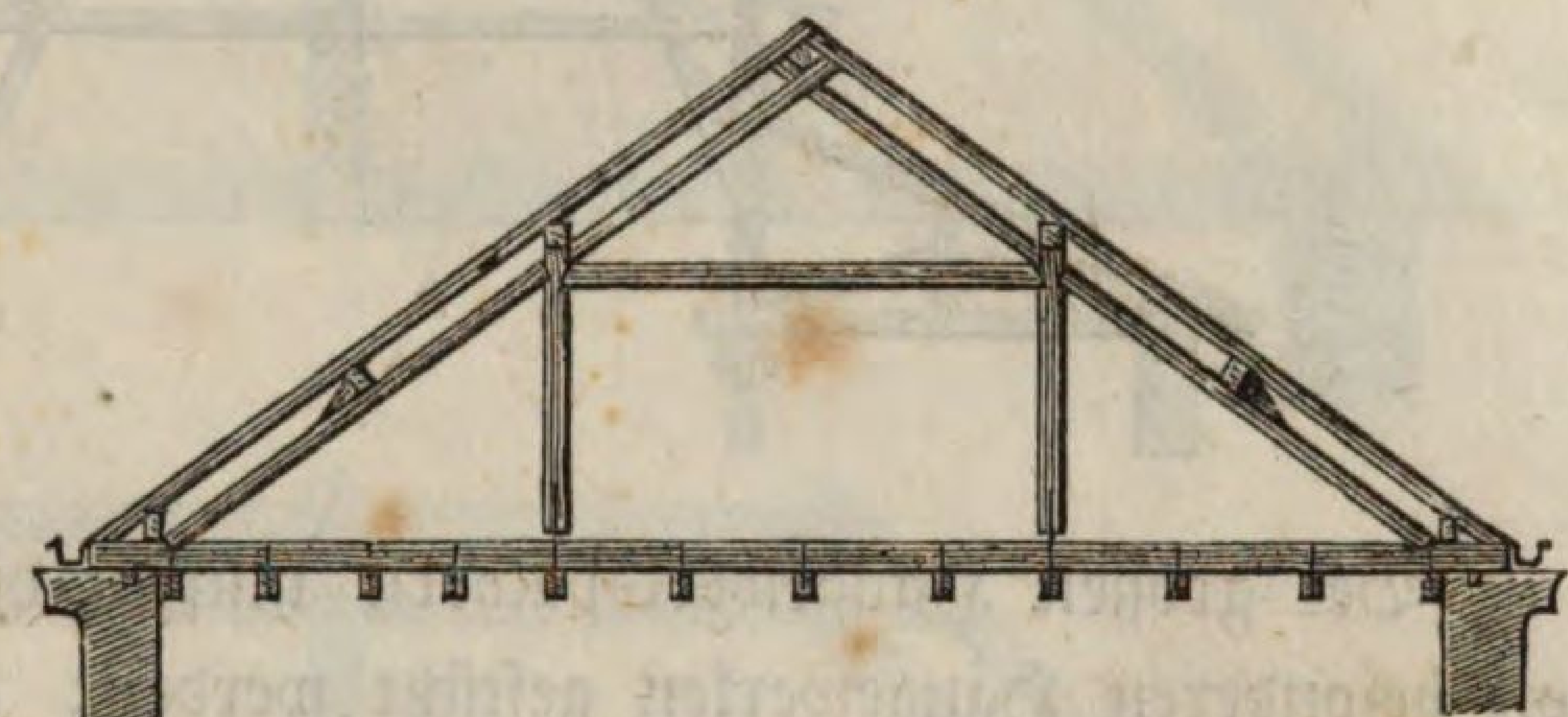


Fig. 340.



In Fig. 340 wird das Pfettendach von einem doppelten Hängewerke unterstützt, sowie die Firstpfette von zwei Streben, welche mit Versatzung auf dem Spannriegel aufliegen, getragen wird.

Bei den bisher gegebenen Beispielen steht das Dachwerk mit der Balkenlage in Verbindung; Fig. 341 hingegen zeigt das doppelte Hängewerk versenkt, so daß ein Kniestock mit erhöhten Frontwänden erforderlich. Fig. 342 zeigt eine ähnliche Construction in Verbindung mit dem dreifachen Hängebock.

Fig. 341.

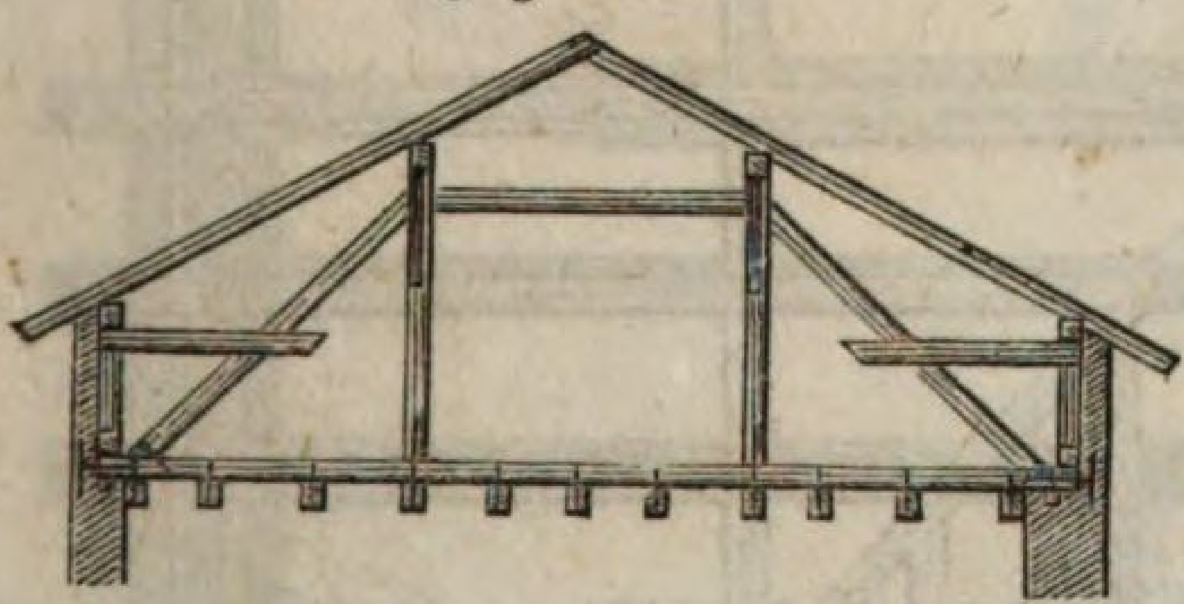
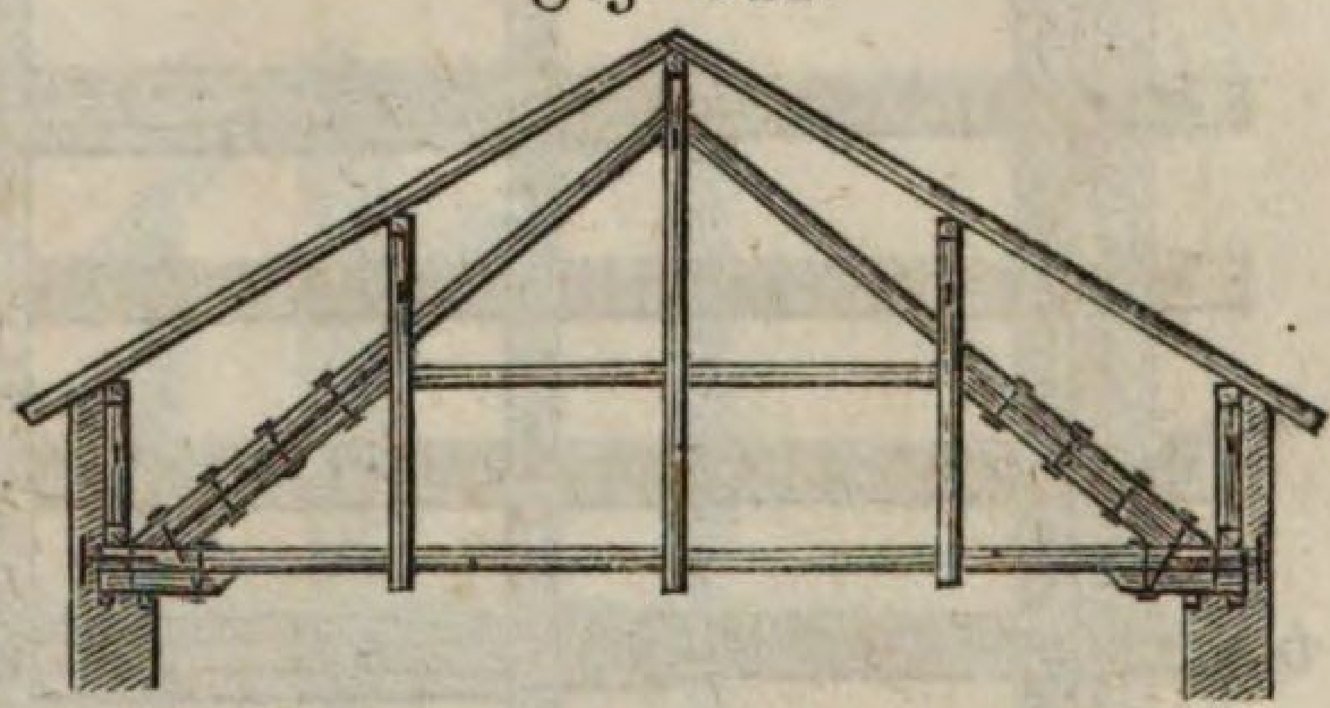
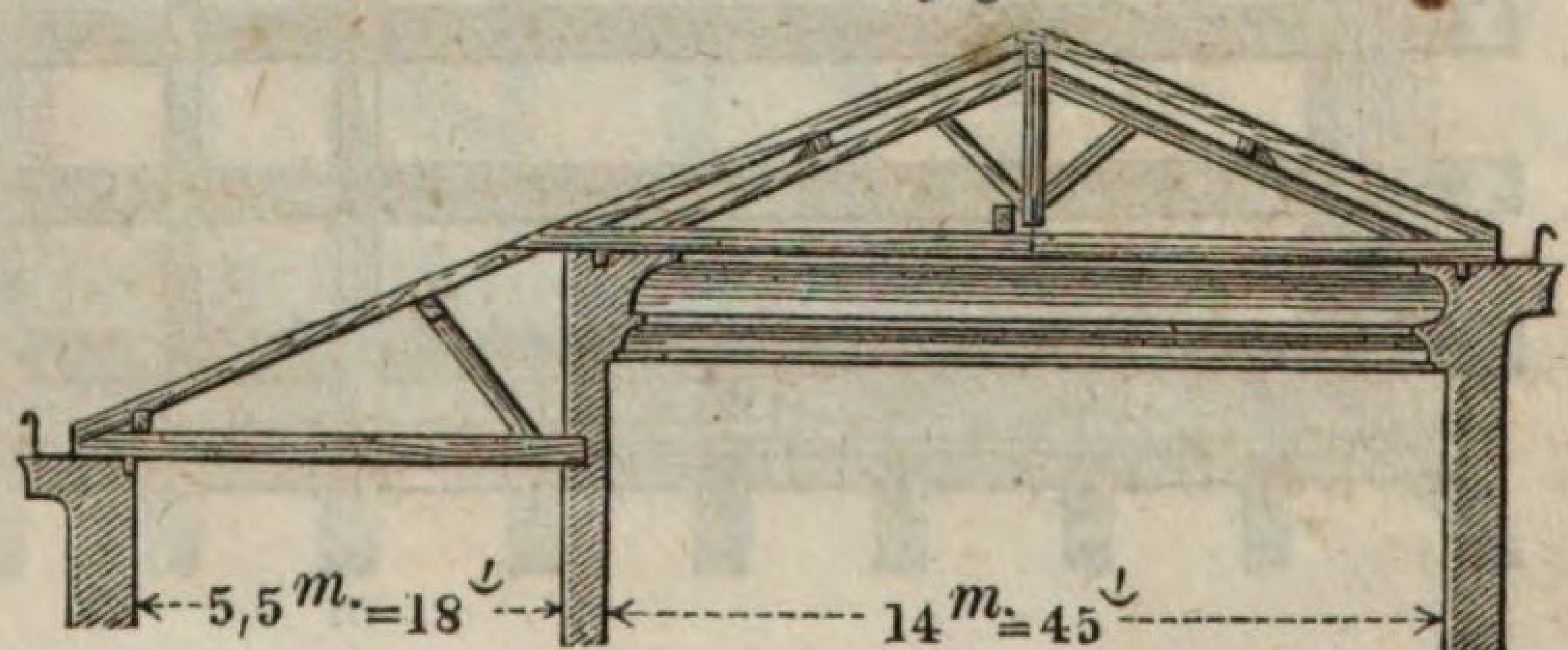


Fig. 342.



Häufig kommt es vor, daß mehrere neben einander liegende Räume, von verschiedenen Spannweiten und Höhen,

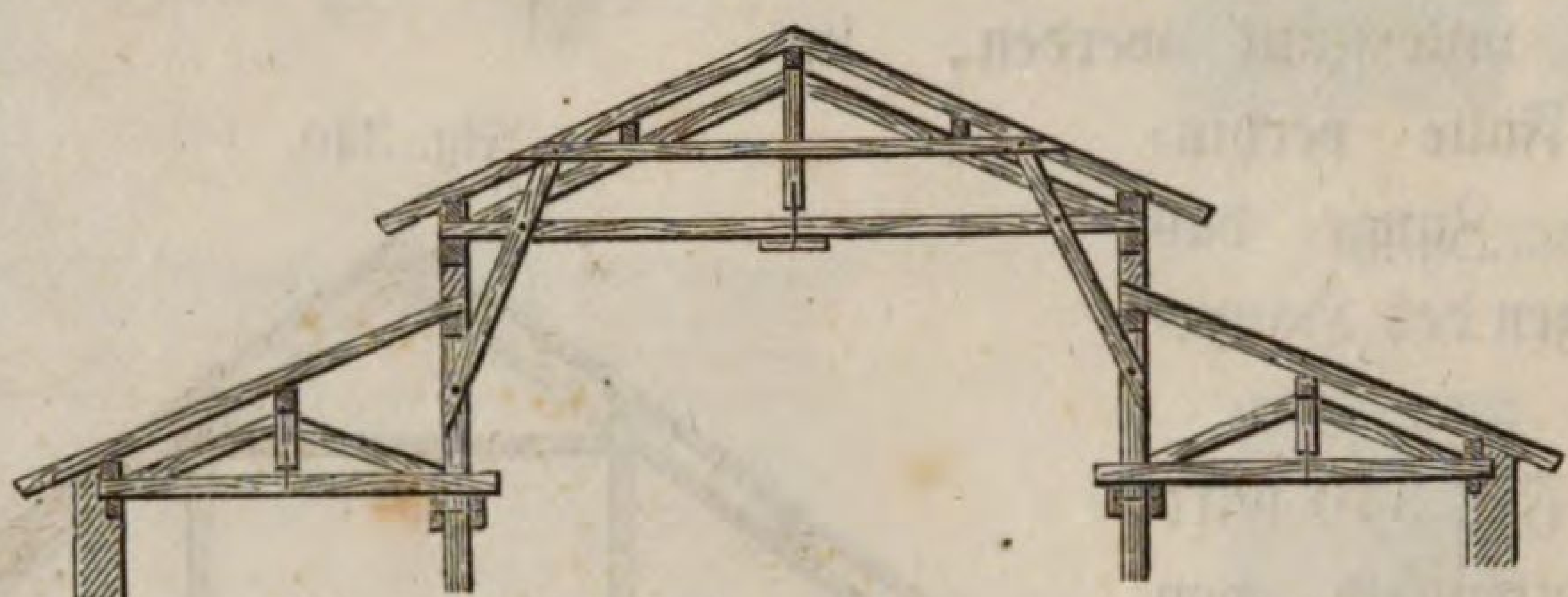
Fig. 343.



unter ein Dach gebracht werden sollen, Fig. 343 z. B. zeigt einen Saal mit einem einfachen (oder auch doppelten ꝛc.) Hängewerke überdeckt, während das Dach des nebenanliegenden Raumes aus einem einfachen Pultdache besteht.

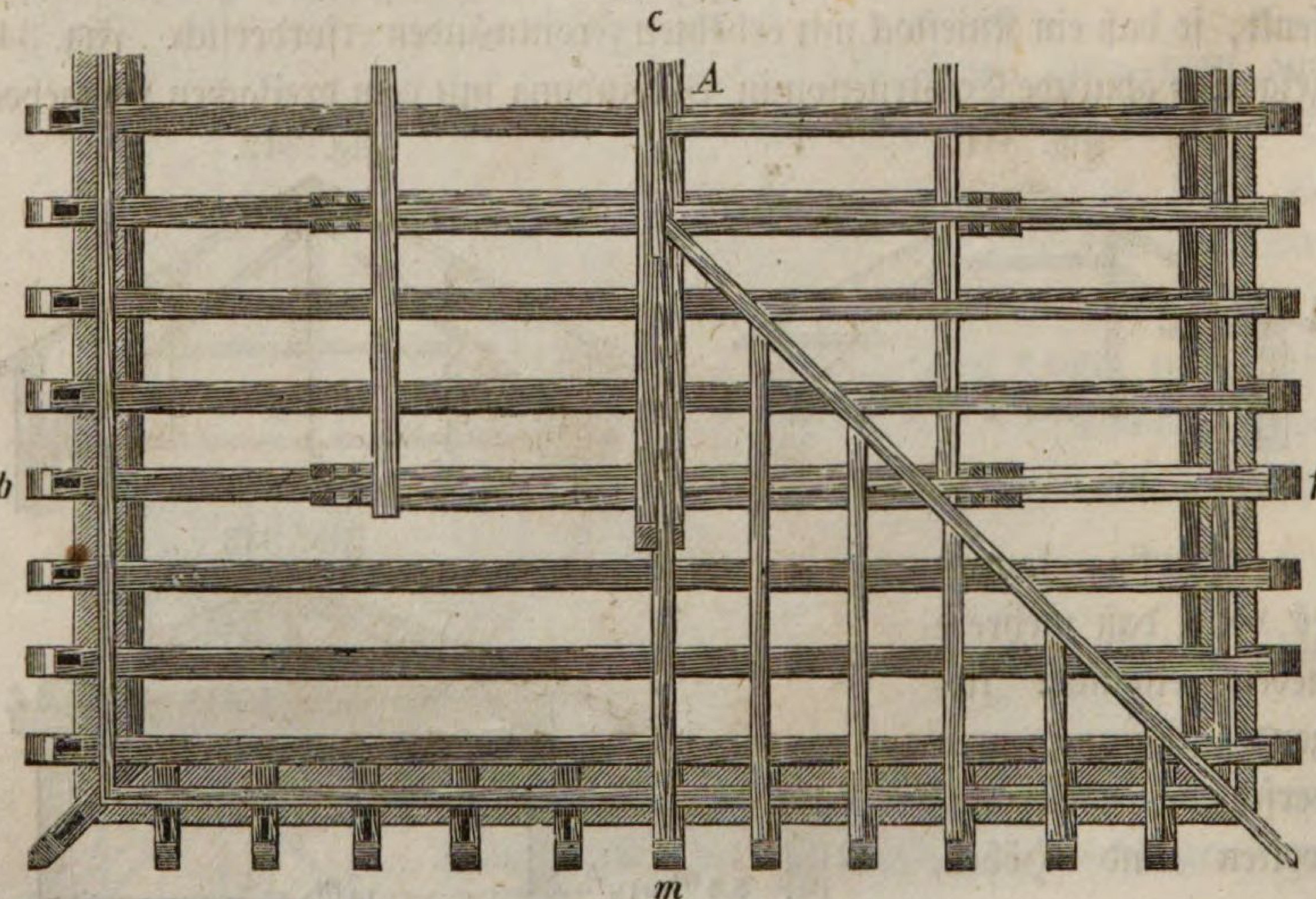
Bei Ueberdeckung eines großen Saales, dessen nebenanliegende Räumlichkeiten zu breit sind, um sie mit einem Hängewerke überspannen zu können, kann die Fig. 344 gegebene Dachconstruction als Anhalt dienen.

Fig. 344.



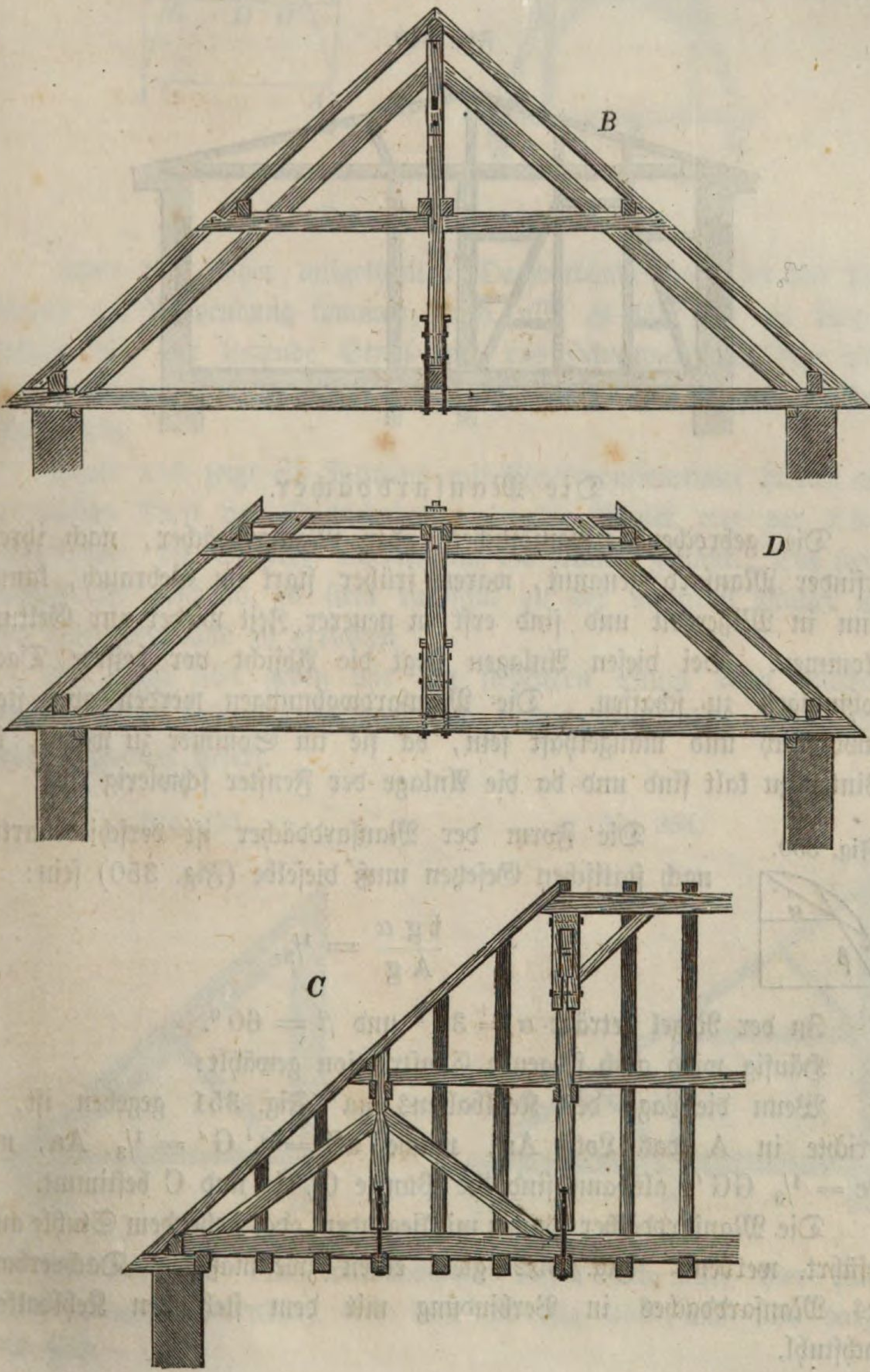
Bei großen Hängewerksdächern müssen die Kehl- und Gratsparren von besonderen Hängewerken gestützt werden; Fig. 345 sei der Werksatz eines solchen Dachstuhles und Fig. 346 der Hauptbinder desselben; es muß dann in der Richtung b f ein doppelter Hängebock (Fig. 347) aufgestellt werden, damit die Pfetten und Kehlbalken nicht ausweichen können.

Fig. 345.



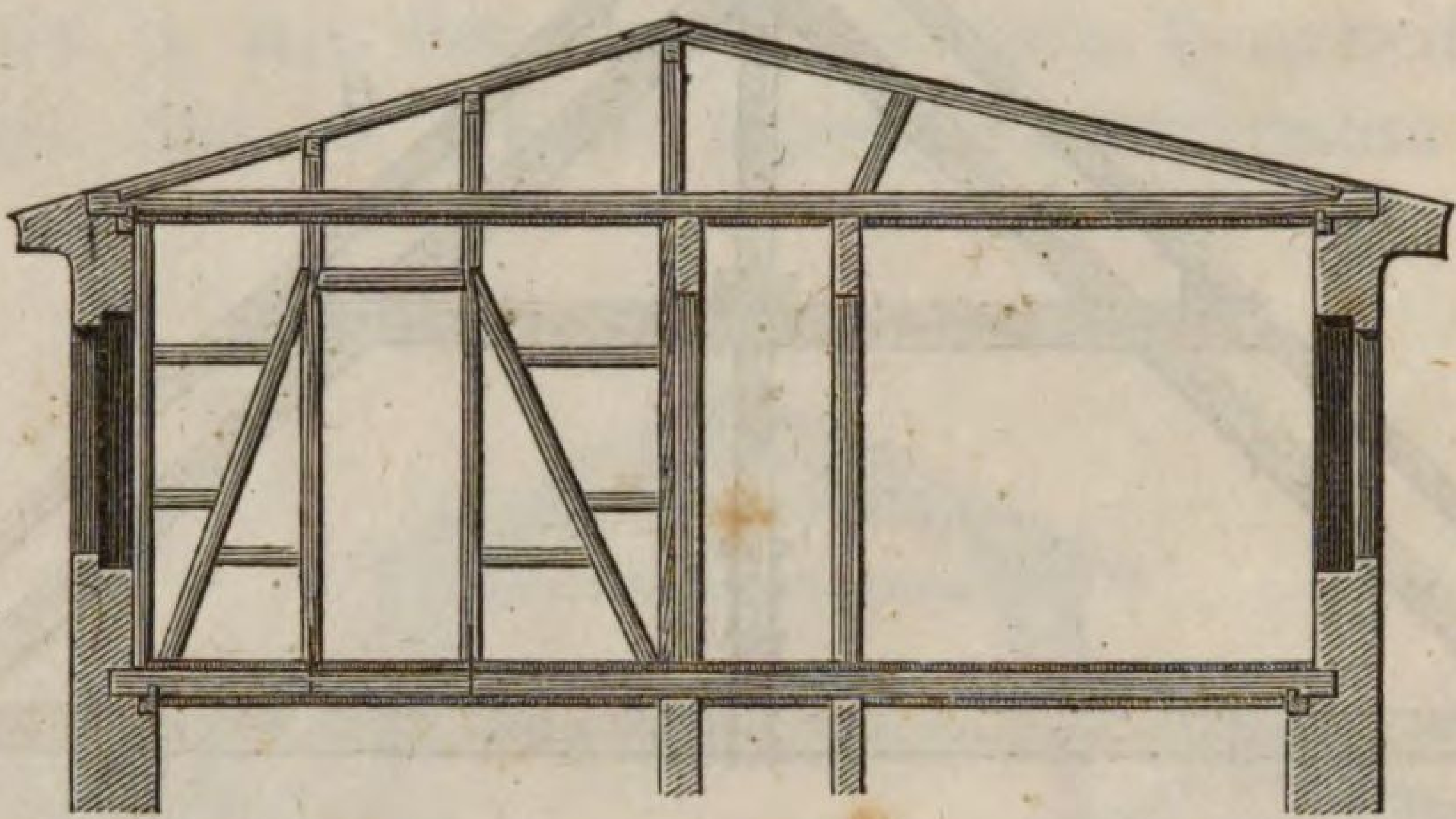
Ferner ist noch in der Richtung der Walmfläche ein Hängebock anzuordnen, welcher, wie aus Fig. 348 ersichtlich ist, die Etagenbalken auffängt.

Fig. 346, 347 u. 348.



Schließlich geben wir in Fig. 349 noch die Construction eines flachen Daches mit einer Sprengwand, welche Anordnung in manchen Fällen zu empfehlen sein dürfte.

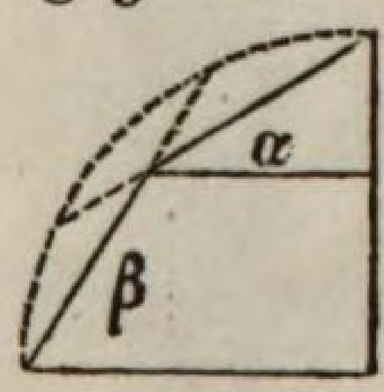
Fig. 349.



Die Mansarddächer.

Die gebrochenen französischen oder Mansarddächer, nach ihrem Erfinder Mansard genannt, waren früher stark im Gebrauch, kamen dann in Mißcredit und sind erst in neuerer Zeit wieder zur Geltung gekommen. Bei diesen Anlagen liegt die Absicht vor bessere Dachwohnungen zu schaffen. Die Mansardwohnungen werden aber stets unwohnlich und mangelhaft sein, da sie im Sommer zu warm, im Winter zu kalt sind und da die Anlage der Fenster schwierig ist.

Fig. 350.



Die Form der Mansarddächer ist verschiedenartig, nach statischen Gesetzen muß dieselbe (Fig. 350) sein:

$$\frac{\mathrm{tg}\,\alpha}{\mathrm{Ag}} = {}^1/_3.$$

In der Regel beträgt $\alpha = 30^0$ und $\beta = 60^0$.

Häufig wird auch folgende Construction gewählt:

Wenn die Lage des Kehlbalkens aa' Fig. 351 gegeben ist, so errichte in A das Loth Aa, mache $aG = a'G' = {}^1/_3$ Aa, und $Dc = {}^1/_3$ GG', alsdann sind die Punkte G, G' und C bestimmt.

Die Mansarddächer können mit liegendem oder stehendem Stuhle ausgeführt werden. Fig. 352 giebt einen zweckmäßigen Dachverband des Mansarddaches in Verbindung mit dem stehenden Kehlbalkendachstuhl.

Fig. 351.

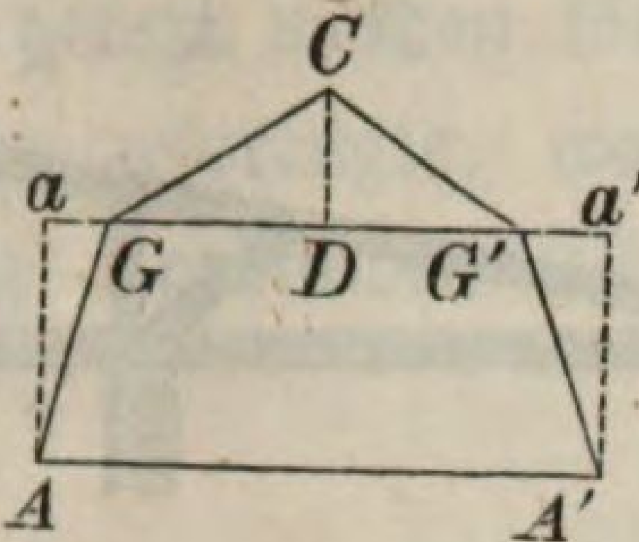
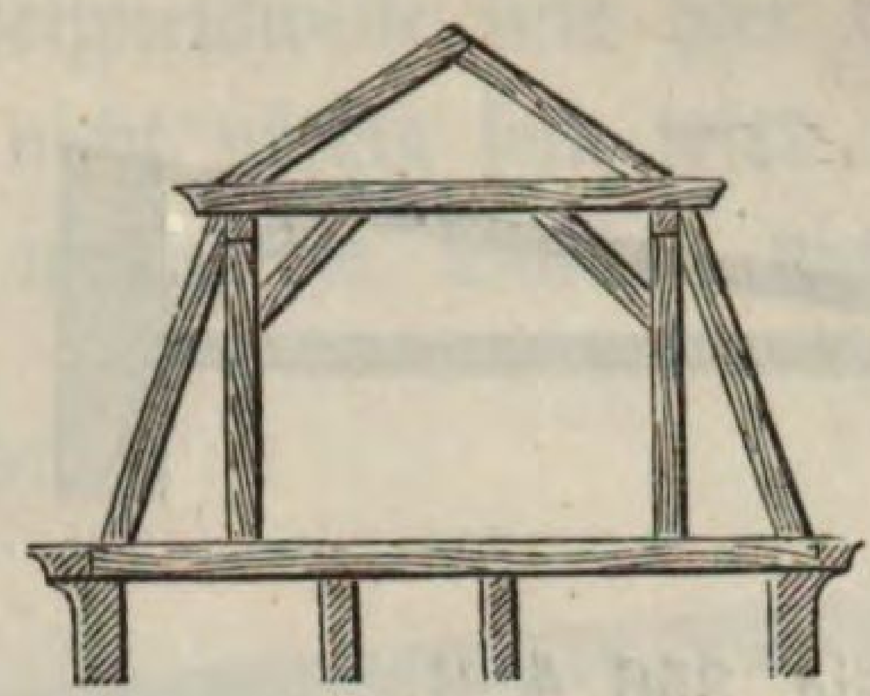


Fig. 352.



Die Pultdächer.

Jeder der bisher mitgetheilten Dachverbände kann bei den Pultdächern zur Anwendung kommen, d. h. also es läßt sich die Pfettenconstruction, der liegende Stuhl und das Hängewerk mit dem Pultdache vereinigen. Die äußere Form kann flach, steil, sogar mansardförmig sein.

Figur 353 zeigt ein Pultdach mit Pfettenconstruction; hierbei wird ein großer Theil des Dachschubes gegen die Mauer von der Strebe aufgefangen, die Sparren werden auf die Mauer geklaut. Bei steilen Pultdächern erscheint es stets rathsam an der massiven Mauer noch eine Fachwerkswand zu errichten.

In Figur 354 geben wir den stehenden Stuhl beim Pultdach, welcher einen freien Dachraum und damit Gelegenheit zur Anlage einiger Zimmer liefert.

Fig. 353.

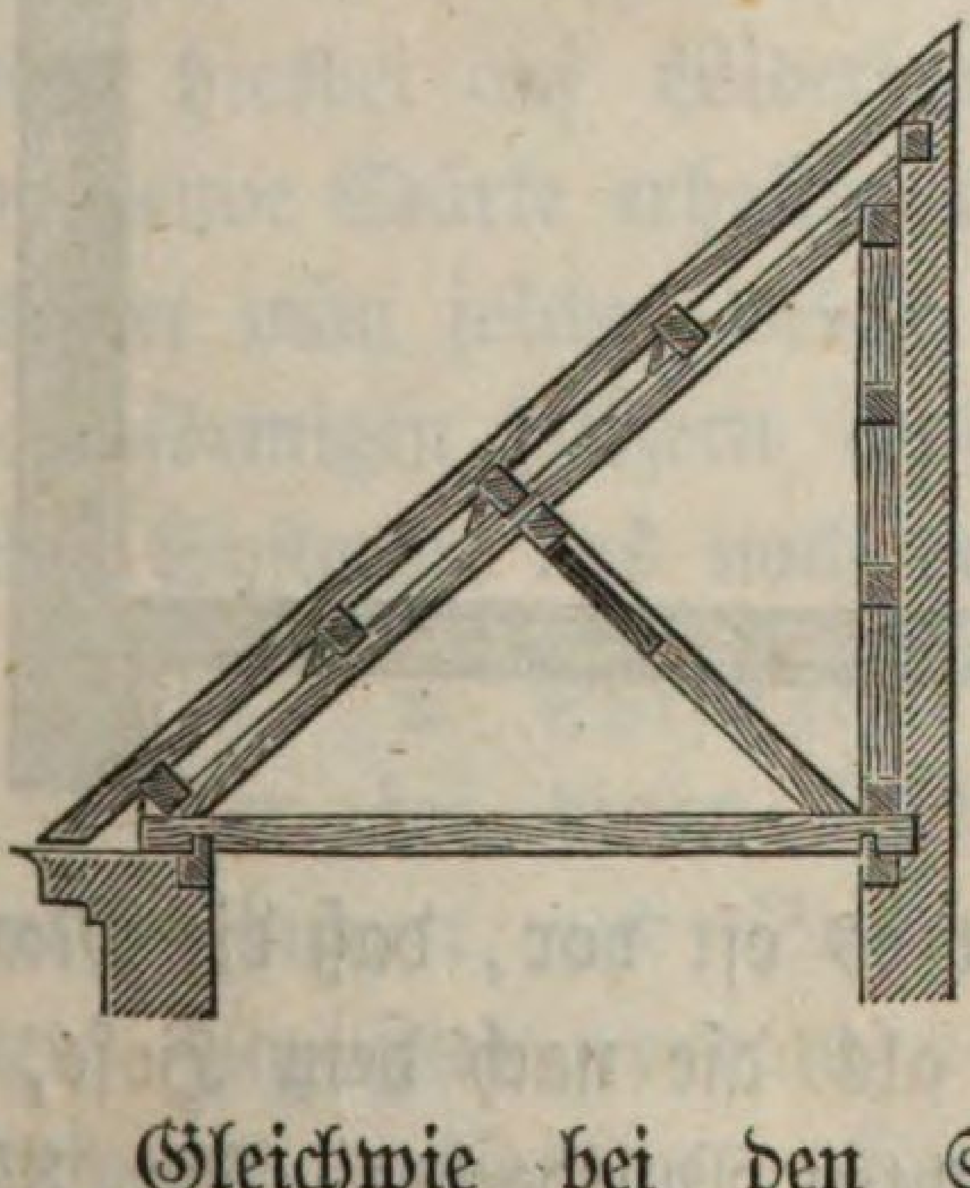
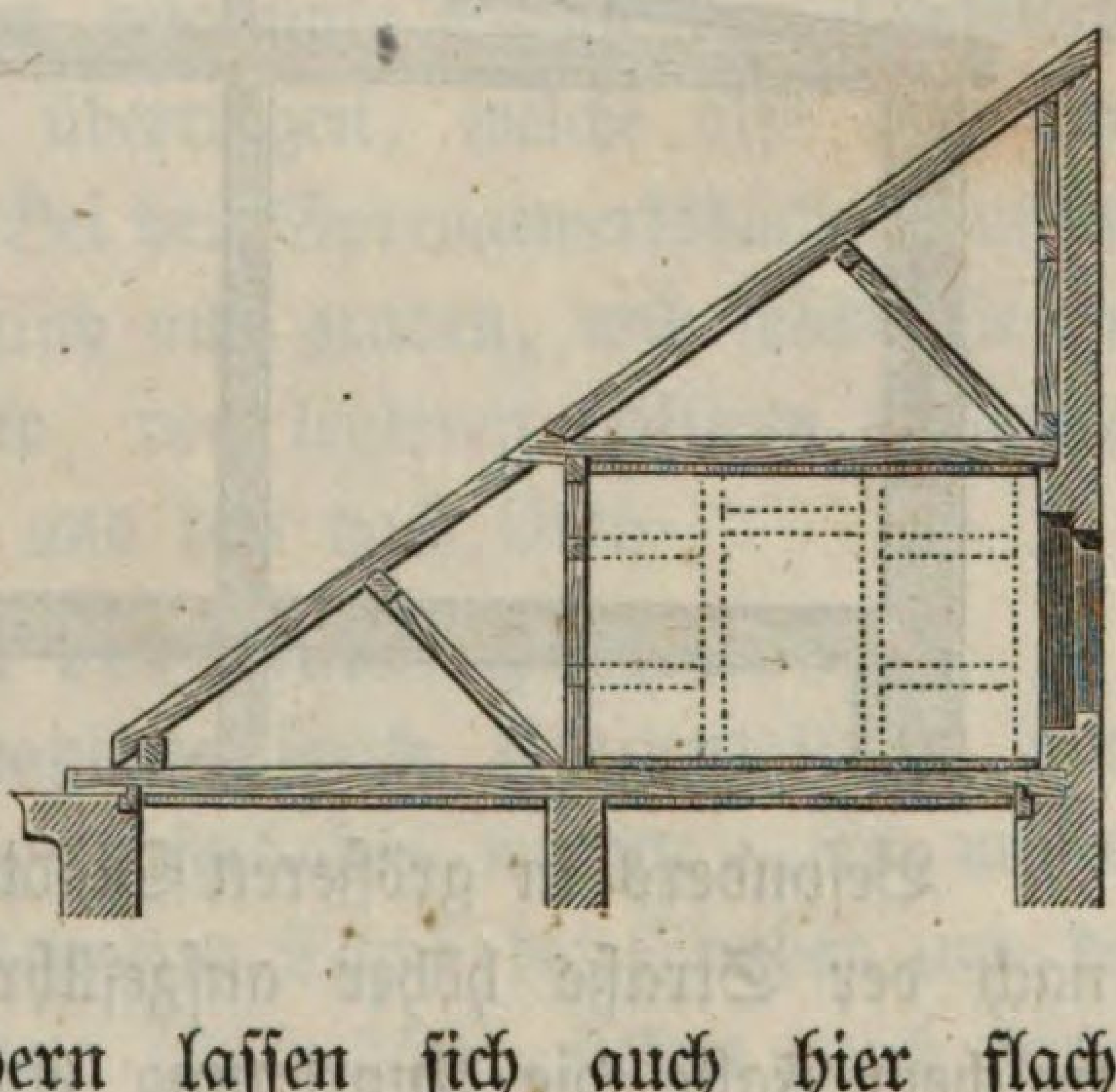


Fig. 354.



Gleichwie bei den Satteldächern lassen sich auch hier flache Dachneigungen anwenden, wie diese in Fig. 355 und 356 dargestellt sind.

Fig. 355 A u. B.

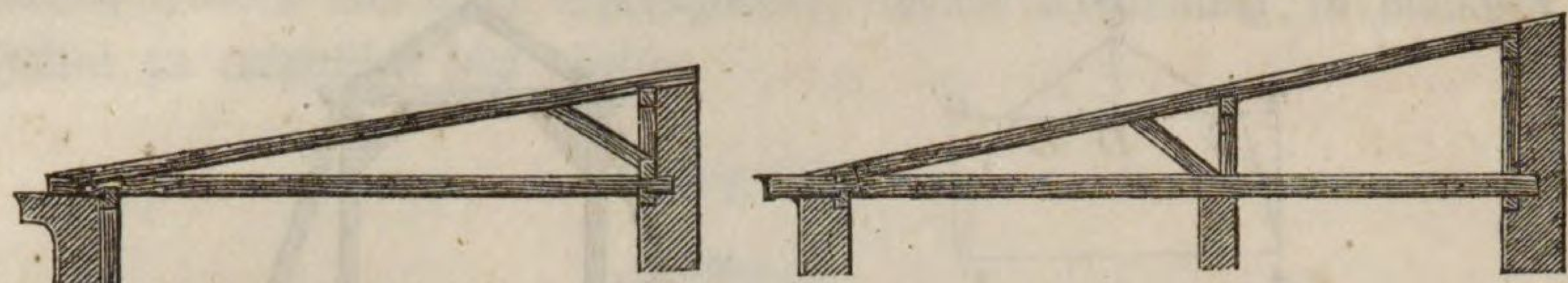
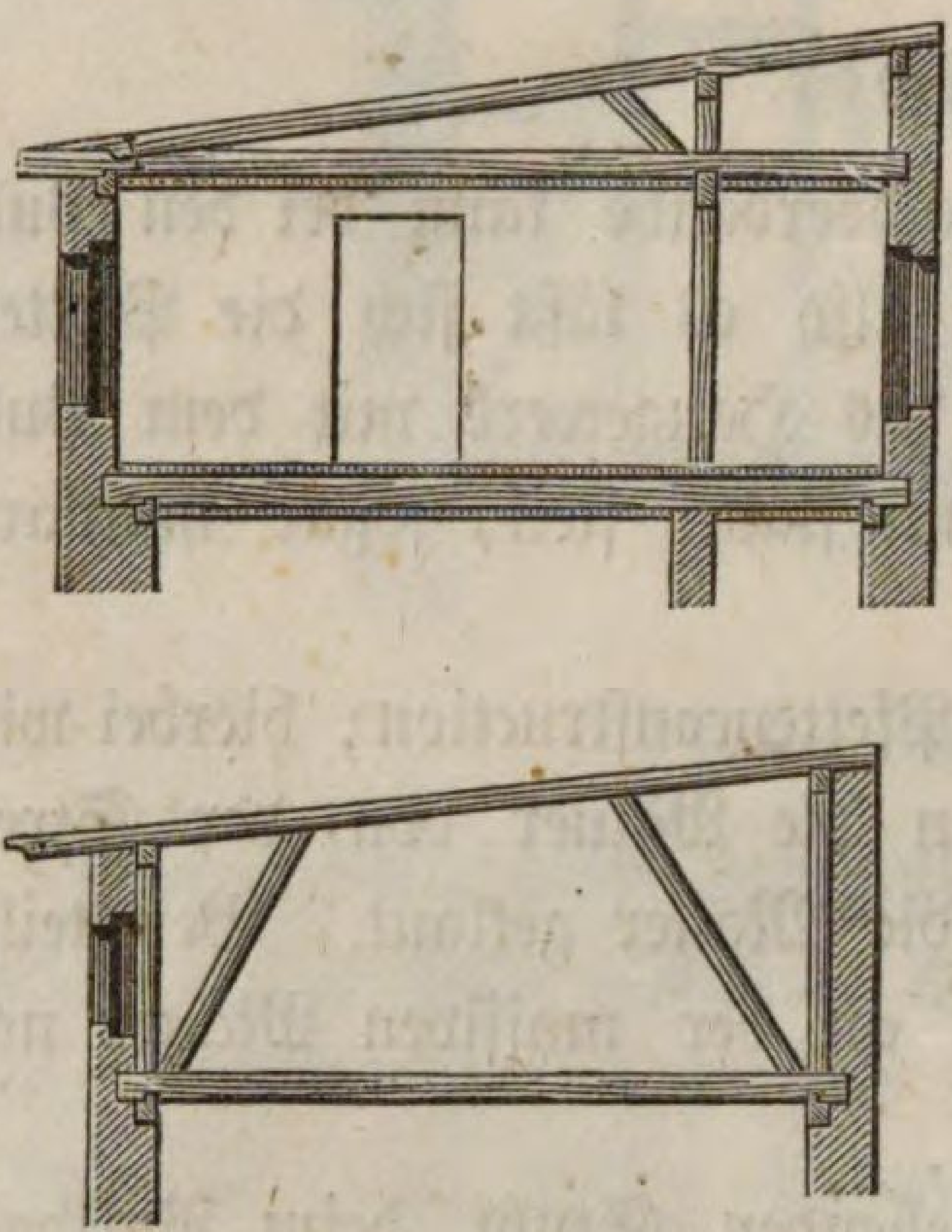


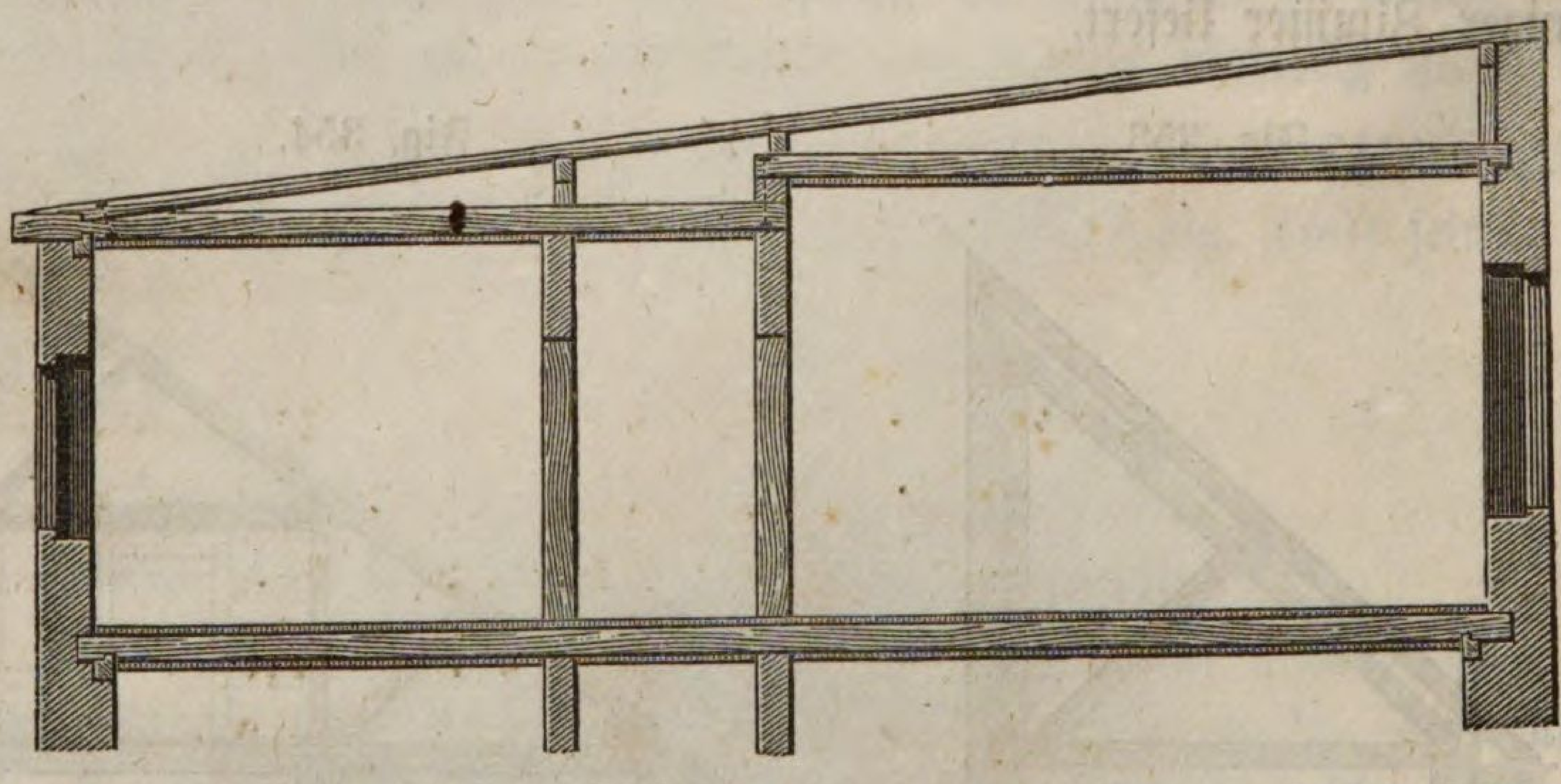
Fig. 356 A B.



Sollen zu beiden Seiten eines Corridors, unter einem flachen Pultdache, zwei große Zimmer liegen, so empfiehlt sich die Anordnung in Fig. 356 C.

Bei den bisher gegebenen Constructionen stehen die Sparren mit der Balkenlage in unmittelbarer Verbindung; letztere läßt sich aber auch nach Fig. 356 versenken, wodurch der Dachboden geräumiger wird.

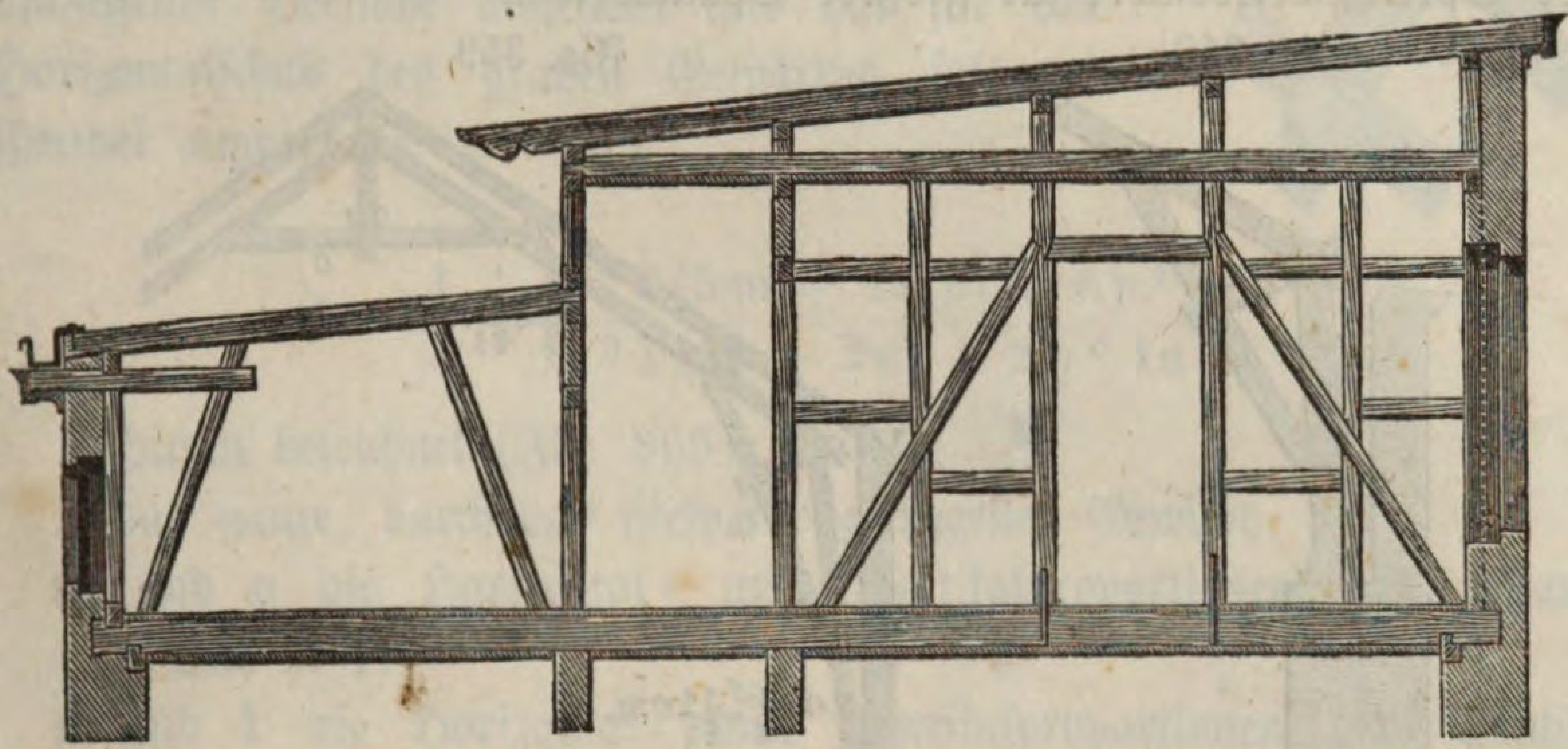
Fig. 356 C.



Besonders in größeren Städten kommt es oft vor, daß die Mauer nach der Straße höher aufgeführt wird, als die nach dem Hofe, in welchem Falle die Anordnung eines abgesetzten Pultdaches (Fig. 357) zu empfehlen sein würde. Hierbei entstehen längs der ganzen Vorderwand geräumige Zimmer, deren Erleuchtung von einem hellen Corridor

aus geschieht, an dessen andere Seite entweder kleinere Zimmer oder Dachräume gelegt werden können. Beispielsweise sind hier die vorderen Scheidewände gesprengte, was jedoch nicht nöthig sein wird, wenn eine Unterstützung vorhanden ist, oder wenn die Balken nicht zu weit freiliegen.

Fig. 357.



Die Dächer ohne Balkenlage.

Hatten wir bisher vorausgesetzt, daß das Dachgespärre stets mit einer durchgehenden Balkenlage in irgend welcher Beziehung stand, so müssen wir nun auch die Fälle betrachten, wo gar keine Balkenlage da ist. Es kommt dies bei Reitbahnen, Exercierhäusern u. dgl. vor.

Man geht bei diesen Constructionen so weit, daß sämmtliche Binderbalken weggelassen und dafür das ganze Dachgerüst nach dem Sprengewerkssystem durchgebildet wird. Der gesammte Schub der Dachfläche wird hierbei auf Widerlagsmauern übertragen, welche also eine entsprechende Stärke erhalten müssen. Bei den Sprengewerksdächern unterscheidet man solche, welche ausschließlich aus graden, und solche die aus bogenförmigen Hölzern construirt sind, von letzteren existiren wiederum zwei Systeme, das nach de l'Orme und das nach Emy.

a. Sprengewerksdächer aus graden Hölzern.

Der bei diesen Dächern vorhandene starke Horizontalschub muß durch Zangen und Streben gehörig aufgehoben werden. Es müssen stets Klappstiele vorhanden sein, welche den Schub der Streben und der Gespärre auffangen. Die Klappstiele (Fig. 358) stehen nach innen geneigt, damit sie einen bessern Widerstand leisten können und nach dem Setzen des ganzen Daches nicht nach außen überhängen.

In der Regel wird das Pfettendach mit den Sprengewerksconstructionen in Verbindung gebracht, wobei dann die Binderentfernung meistens 3 ^{m} (10 ′) beträgt. Fig. 359 zeigt ein derartiges Sprengewerksdach für 14 ^{m} (45 ′) Entfernung.

Fig. 360 — 363 veranschaulichen die verschiedenen Anordnungen der Sprengewerksdächer für größere Spannweiten.

Fig. 358.

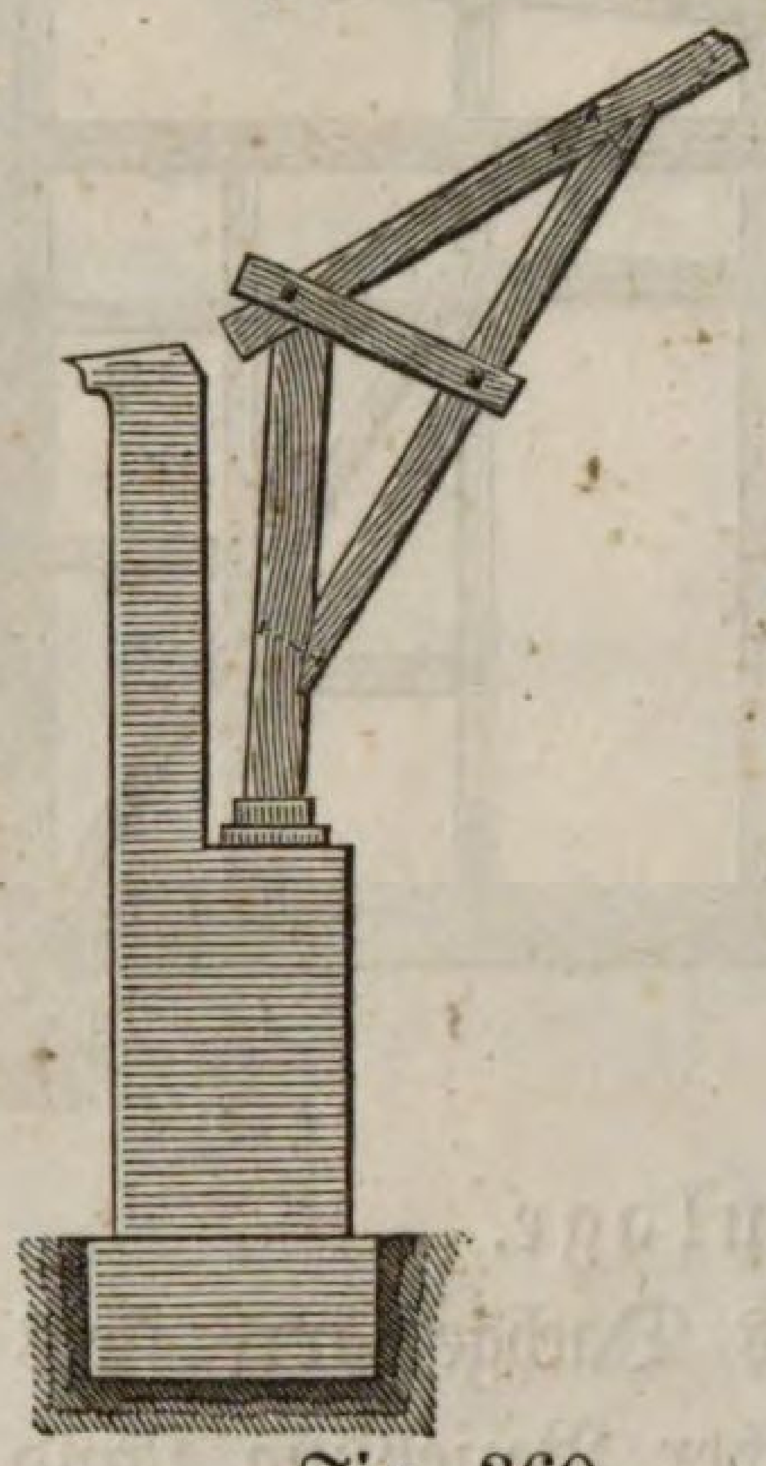


Fig. 359.

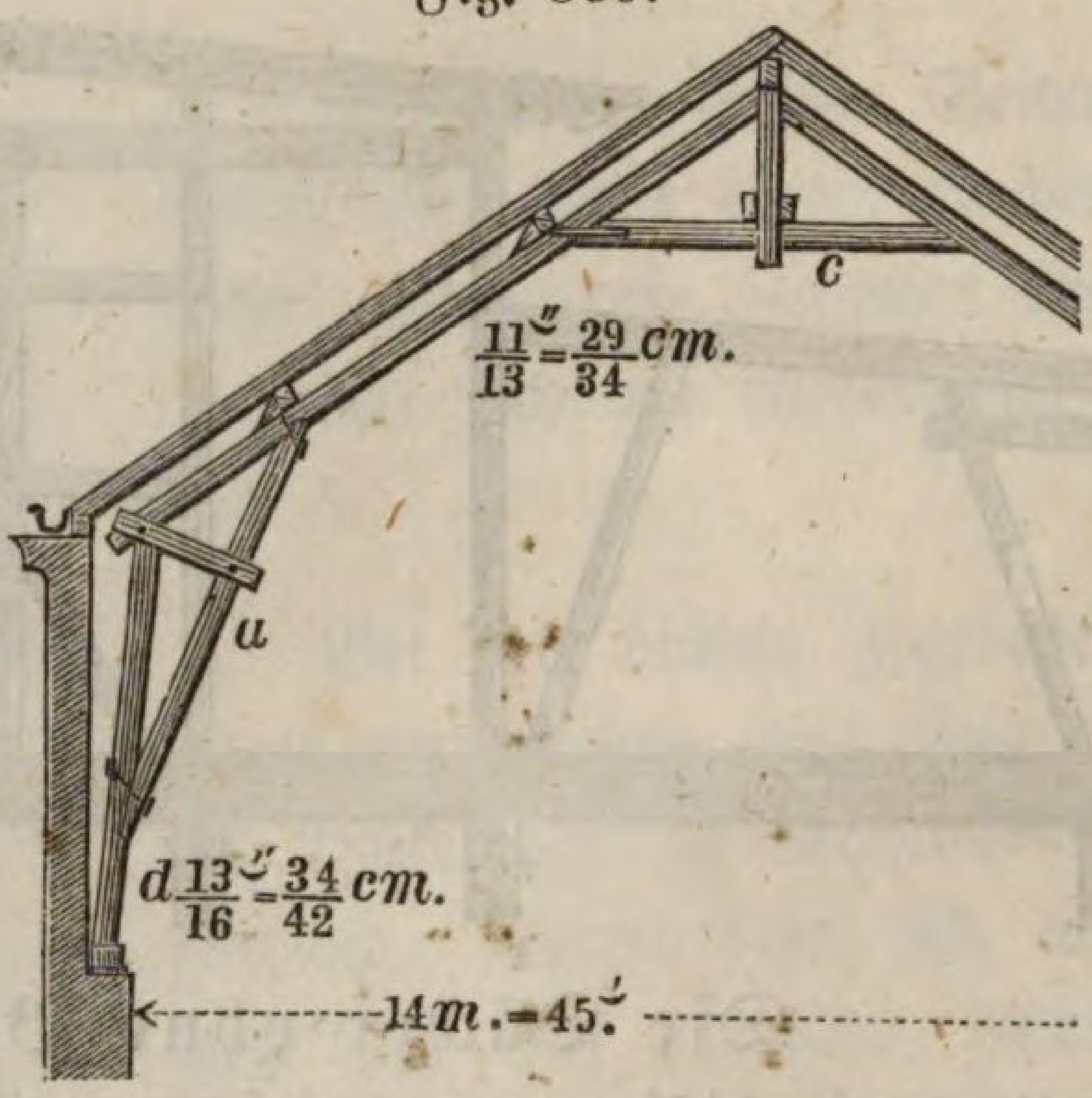


Fig. 360.

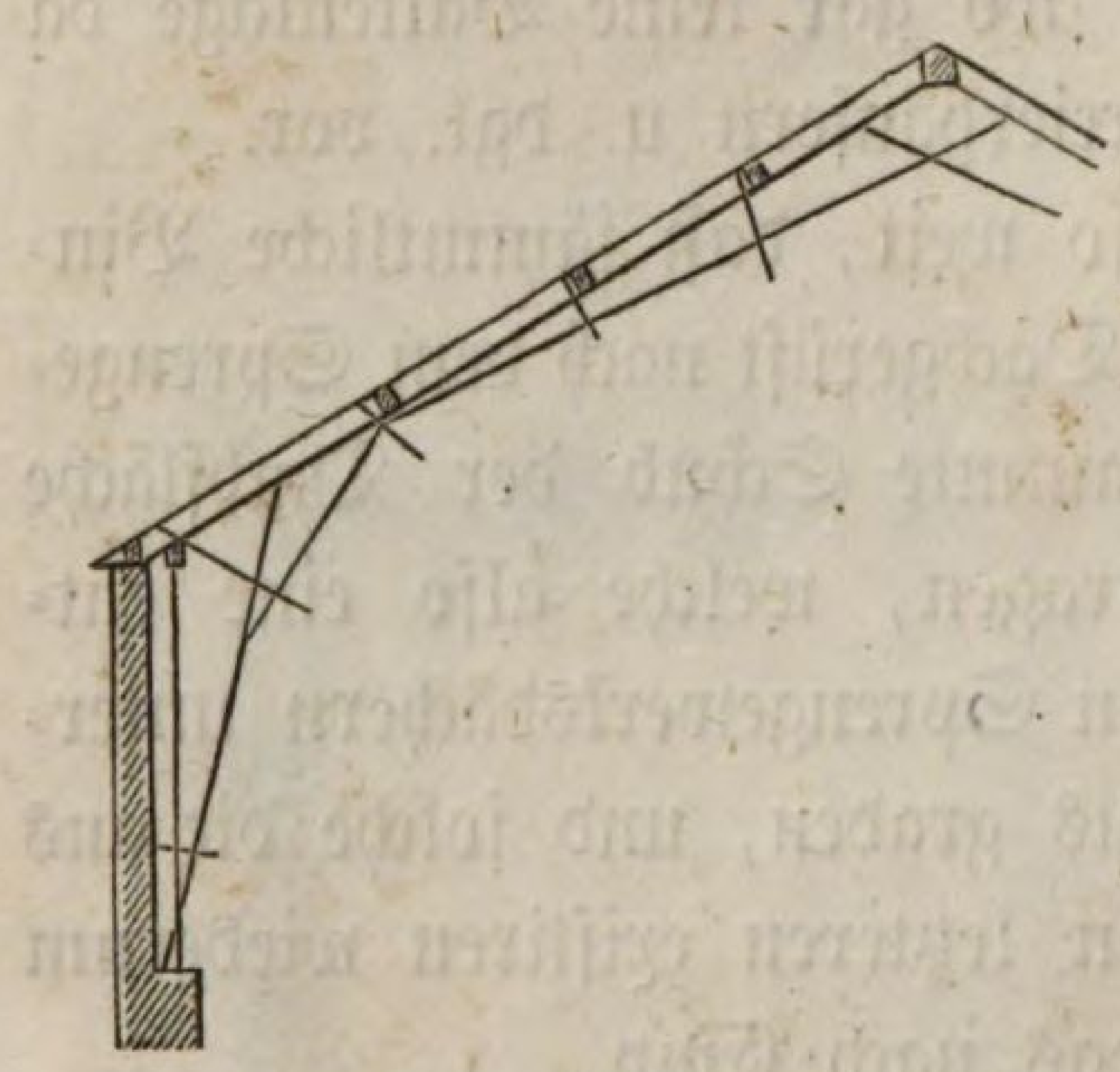


Fig. 361.

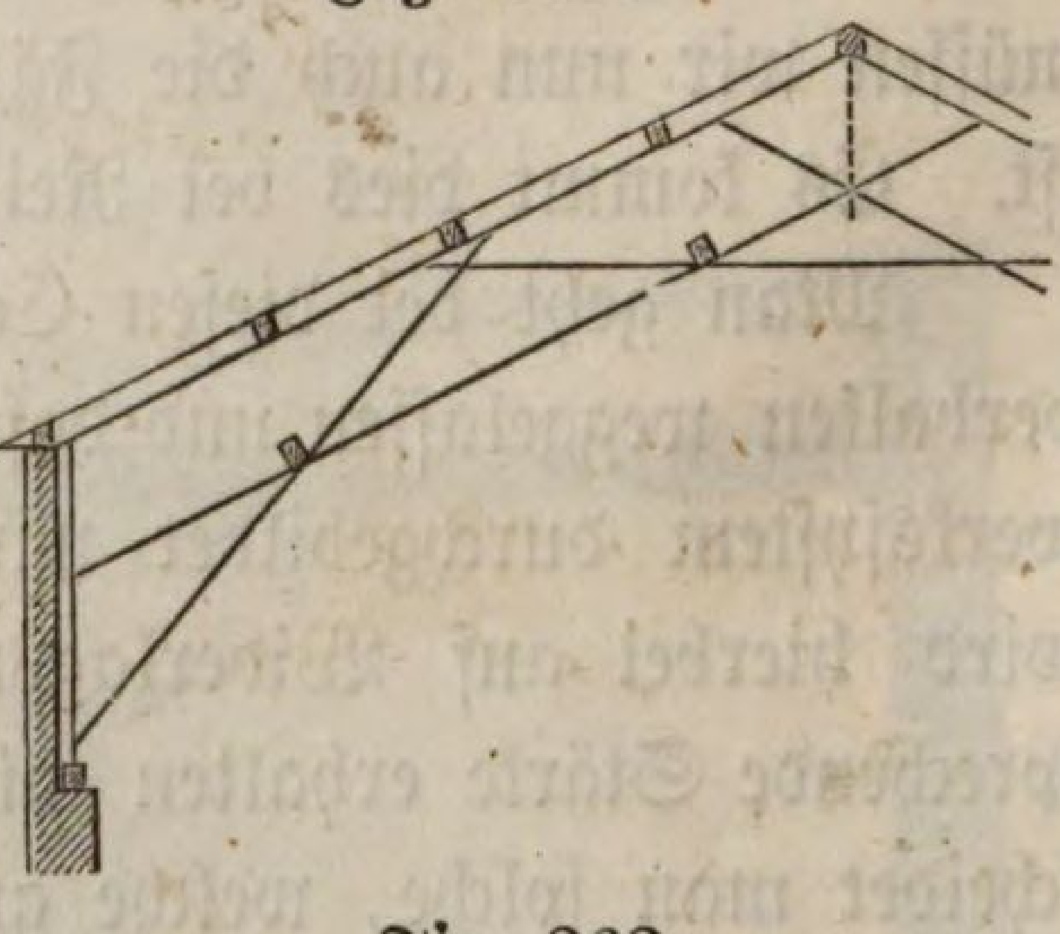


Fig. 362.

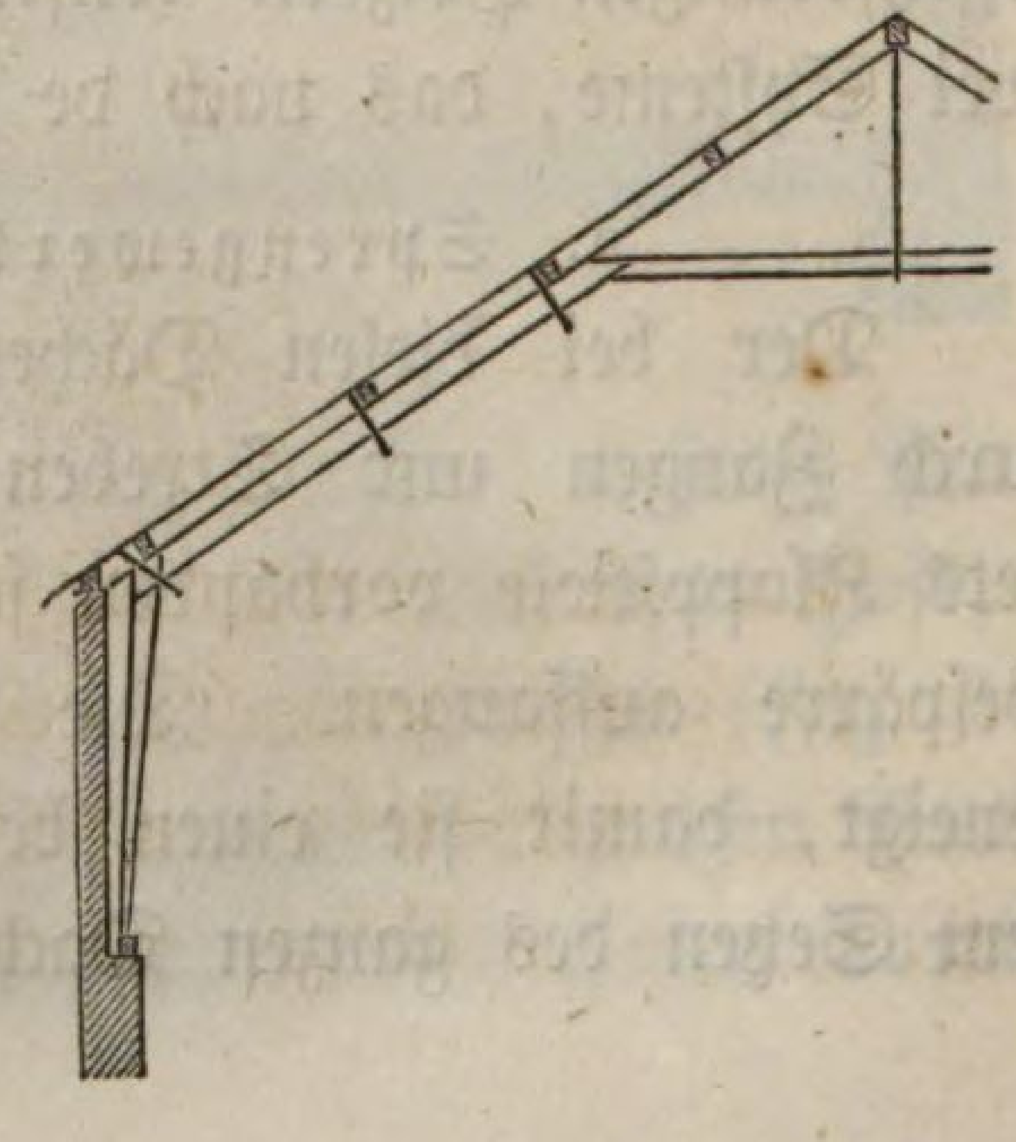
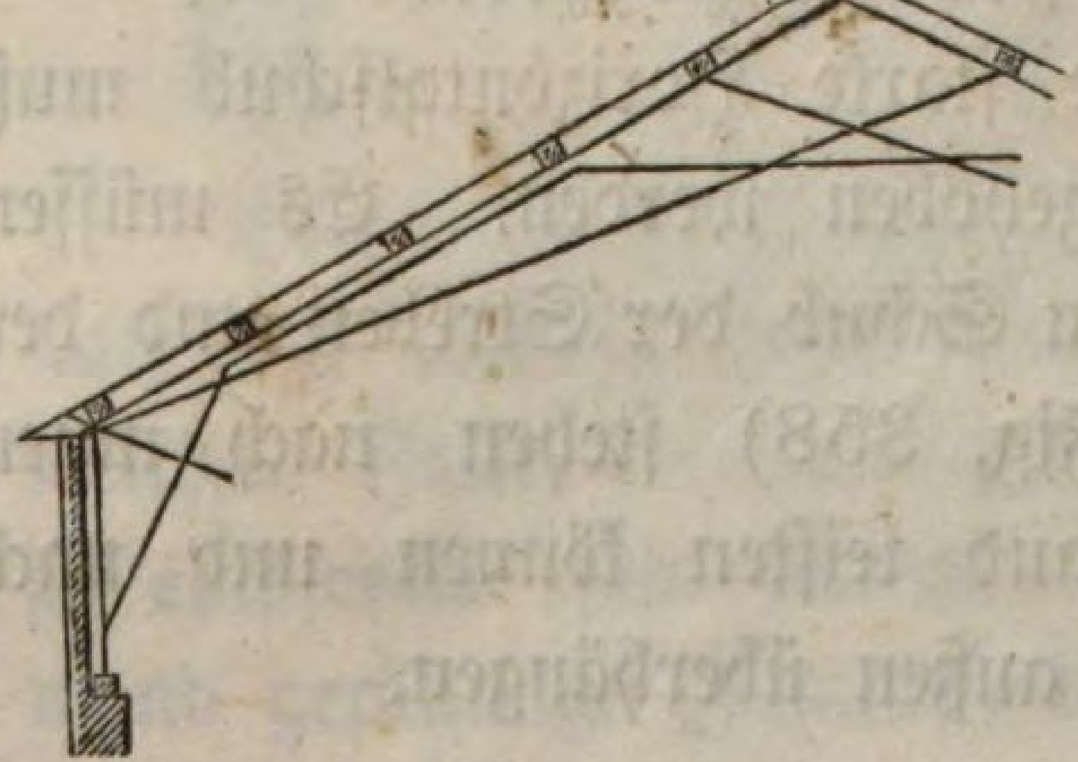
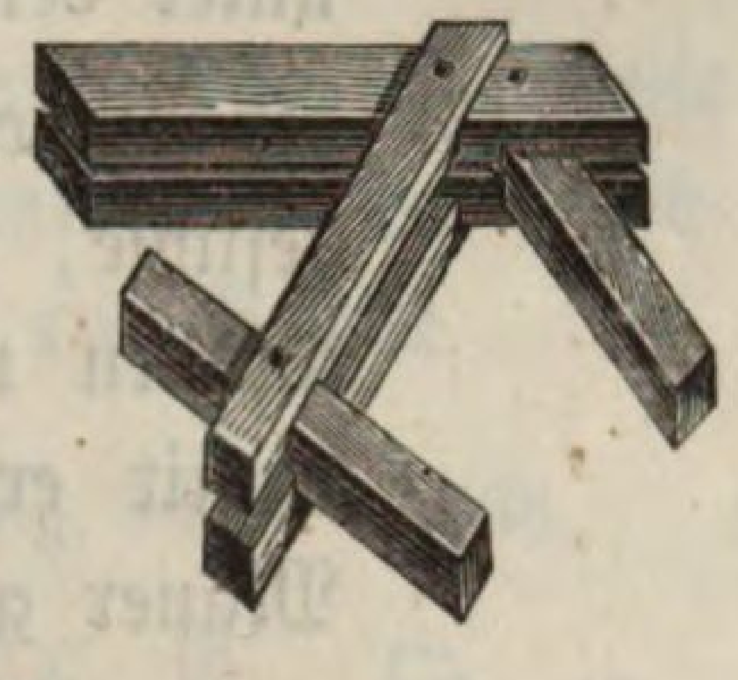


Fig. 363.



Macht man den Stuhlpfosten d Fig. 359 aus **einem** ganzen Holze, so wird dasselbe, schon bei geringen Spannweiten, so stark sein müssen, daß man besser thut **doppelte** Klappstiele (Fig. 364) anzuordnen.

Fig. 364.



Ueber die Sprengewerksdächer hat Ardant umfassende Versuche angestellt und hat für den Horizontalschub des graden Gespärres folgende Formel angegeben:

$$S = \frac{1}{8} P \frac{m^3 l (5m + 12p) + 8p^4 n}{m^3 l (3l + 2n) + 2p^3 ln}.$$

Hierin bezeichnet (Fig. 365):

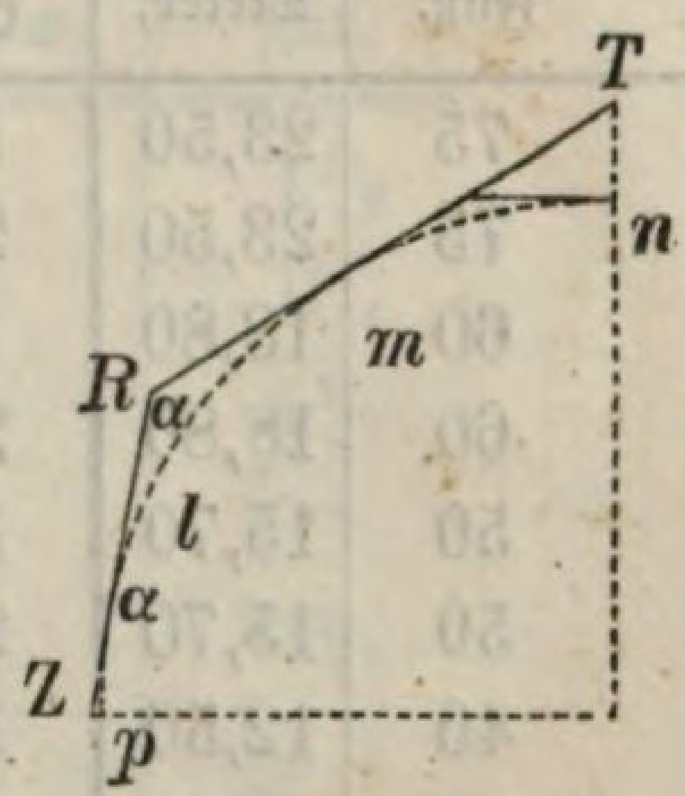
P das ganze, durch das Gespärre getragene, Gewicht,

m und n die Horizontal- und Vertikalproportionen des Sparrens R T,

p und l die Horizontal- und Vertikalproportionen der Stuhlsäule Z R.

Die Neigung des Pfostens Z R, also des Winkels, beträgt circa 3° oder p = 0,052 l.

Fig. 365.



Ist das Gespärre so angeordnet, daß der Pfosten und der Hauptsparren an einem Halbkreise tangiren (Fig. 365), so ist:

für ein Winkeldach S = 0,197 P,
" " Dritteldach S = 0,220 P,
" " Vierteldach S = 0,227 P,

oder in Worten, der Horizontalschub von dergleichen gleichmäßig belasteten Gespärren beträgt circa $^1/_5$ bis $^1/_4$ der Belastung derselben.

Für die Stärke der Widerlagsmauern stellt Ardant folgende Tabelle auf, wobei jedoch zu bemerken ist:

1. Die erhaltenen Mauerstärken gelten nur dann, wenn das Erdreich fast unpreßbar ist;

2. die Absätze des Fundamentes und möglicherweise selbst die Stärke der Mauer, zwischen dem Boden und dem Fußpunkte des Gespärres, müssen vergrößert werden, wenn der Grund unter dem Gewichte des Mauerwerkes ausweichen könnte;

3. der Mauertheil, vom Fußpunkte der Gespärre bis zum Kranzgesimse, darf keinen Horizontalschub erleiden, also muß der Pfosten noch einen gewissen Abstand von der Mauer haben, damit er beim Senken des Daches keinen Druck auf die Mauer ausübt (Fig. 358).

Tabelle

der Mauerstärken für die Umfassungswände von Gebäuden (in abgerundeten Zahlen), deren Dächer durch Gespärre ohne Durchzüge getragen werden.

Spannweite der Gespärre.		Höhe des Fußpunktes der Gespärre vom Boden an.		Dicke der Mauer vom Boden bis zum Fußpunkte der Gespärre.		Dicke der Mauer vom Fußpunkte der Gespärre bis zum Kranzgesimse.		Breite des Fundamentes in 1 m (3′) Tiefe unter dem Boden.	
Fuß.	Meter.	Fuß.	Meter.	Fuß.	Meter.	Fuß.	Meter.	Fuß.	Meter.
75	23,50	12	3,75	5,25	1,65	2,5	0,70	6,75	2,12
75	23,50	20	6,25	6	1,90	2,5	0,70	7,5	2,35
60	18,80	12	3,75	5	1,57	2	0,63	6,5	2,05
60	18,80	20	6,25	5,5	1,75	2	0,63	7	2,20
50	15,70	12	3,75	4,8	1,45	1,75	0,55	6	1,90
50	15,70	20	6,25	5,25	1,65	1,75	0,55	6,5	2,05
40	12,50	12	3,75	5,5	1,40	1,5	0,45	5,75	1,85
40	12,50	20	6,25	4,75	1,50	1,5	0,45	6	1,90

b. Sprengewerksdächer aus bogenförmigen Hölzern.

1. Die Bogendächer nach de l'Orme.

Diese Dächer bestehen aus einzelnen Bögen, welche aus Bohlen zusammengesetzt sind.

In Deutschland wurden die Bohlendächer von dem Geheimen Oberbaurath Gylli eingeführt und vielfach angewendet. Neuerdings ist man von ihrem Bau mehr und mehr abgekommen, da die bogenartige Form äußerlich eine üble Ansicht gewährt und da die vielgepriesene

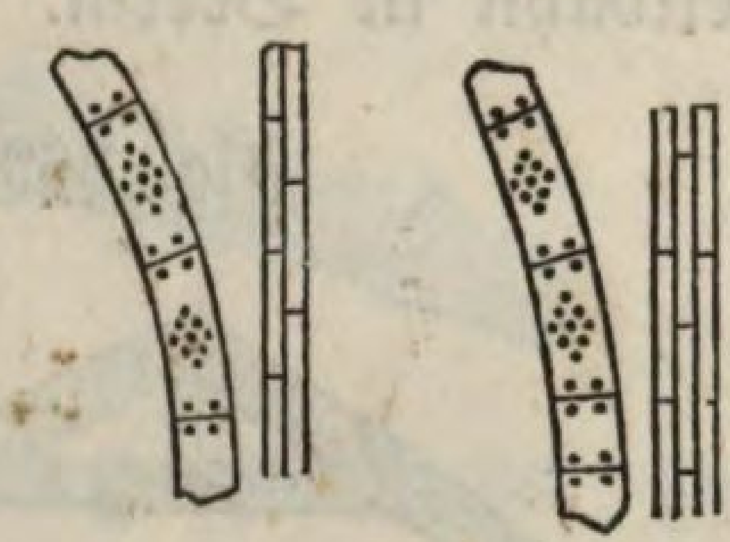
Billigkeit sehr in Frage steht. Für hölzerne, bogenförmige Saaldecken läßt sich ihre Anordnung gleichwohl empfehlen.

Gylli giebt für die Construction der äußeren Form das Folgende an:

Die halbe Gebäudetiefe sei = x y, theile dieselbe in 5 gleiche Theile und mache die Höhe x z = 6 · ($^1/_5$ x y) Theile, dann gieb dem Halbmesser des Kreises für die Bogenform 7$^1/_2$ · ($^1/_5$ × x y) Theile.

Die Bögen bestehen aus einzelnen Bogenstücken, welche je nach der Spannweite, zwei- oder dreifach, mit wechselnden Stößen durch eiserne oder hölzerne Nägel auf einander befestigt werden (Fig. 367 und 368).

Fig. 367. 368.



Gylli machte bei Gebäuden bis 7$^1/_2$ ^{m} (24′) Tiefe jeden Sparren aus zwei 3 ^{cm} (1$^1/_4$″) starken Brettern. Folgende Tabelle giebt die Stärke der Bohlensparren in abgerundeten Zahlen.

Gebäudetiefe.		Anzahl der Bretter.	Stärke eines Brettes resp. Bohle.	
Meter.	Fuß.		Centim.	Zoll.
7,50 — 11,30	24 — 36	2	4	1$^1/_2$
11,30 — 12,50	36 — 40	2	5	1$^3/_4$
12,50 — 14,10	40 — 45	3	4	1$^1/_2$
14,10 — 15,70	45 — 50	in der Mitte eine Bohle, an jeder Seite ein Brett.	6 4	2 1$^1/_2$
15,70 — 17,25	50 — 55	3 Bohlen.	6	2

Für jede 1$^1/_2$ ^{m} (5′) größere Gebäudetiefe wird der Sparren um 1$^1/_2$ ^{cm} ($^1/_2$″) verstärkt.

In der Praxis würde man bis zu 7$^1/_2$ ^{m} (24′) die Bohlensparren wohl nicht schwächer als 13 und 18 ^{cm} (5 und 7″) machen und außerdem für größere Gebäudetiefen oben genannte Verstärkung zugeben.

Die Verbindung der Bohlensparren am First geschieht durch Ueberblattung, außerdem wird noch unter dem First eine Bohle als Zange angebracht, den Längenverband endlich erreicht man mit einer Firstpfette (ebenfalls Bohle Fig. 369).

Der Bohlensparren setzt sich am Fuße entweder mittelst Klaue auf eine Schwelle (Fig. 370), oder mittelst Zapfen in den Balken (Fig. 371). Die Verschiebung der einzelnen Sparren wird durch ihre mehrmalige Verriegelung mit einander, und durch Sturmlatten verhindert.

Um die Dacheindeckung am Sparrenfuße besser herstellen zu können, müssen noch Aufschieblinge auf die Bohlensparren gelegt werden.

Das in Fig. 372 dargestellte Bohlendach befindet sich über einer Reitbahn in Berlin.

Fig. 369.



Fig. 370.



Fig. 371.

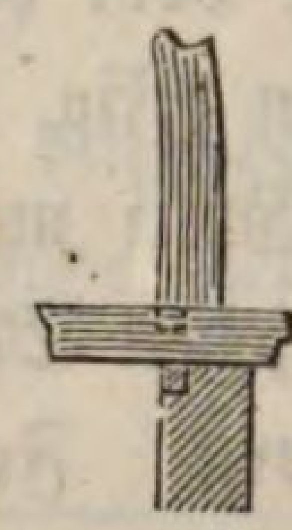
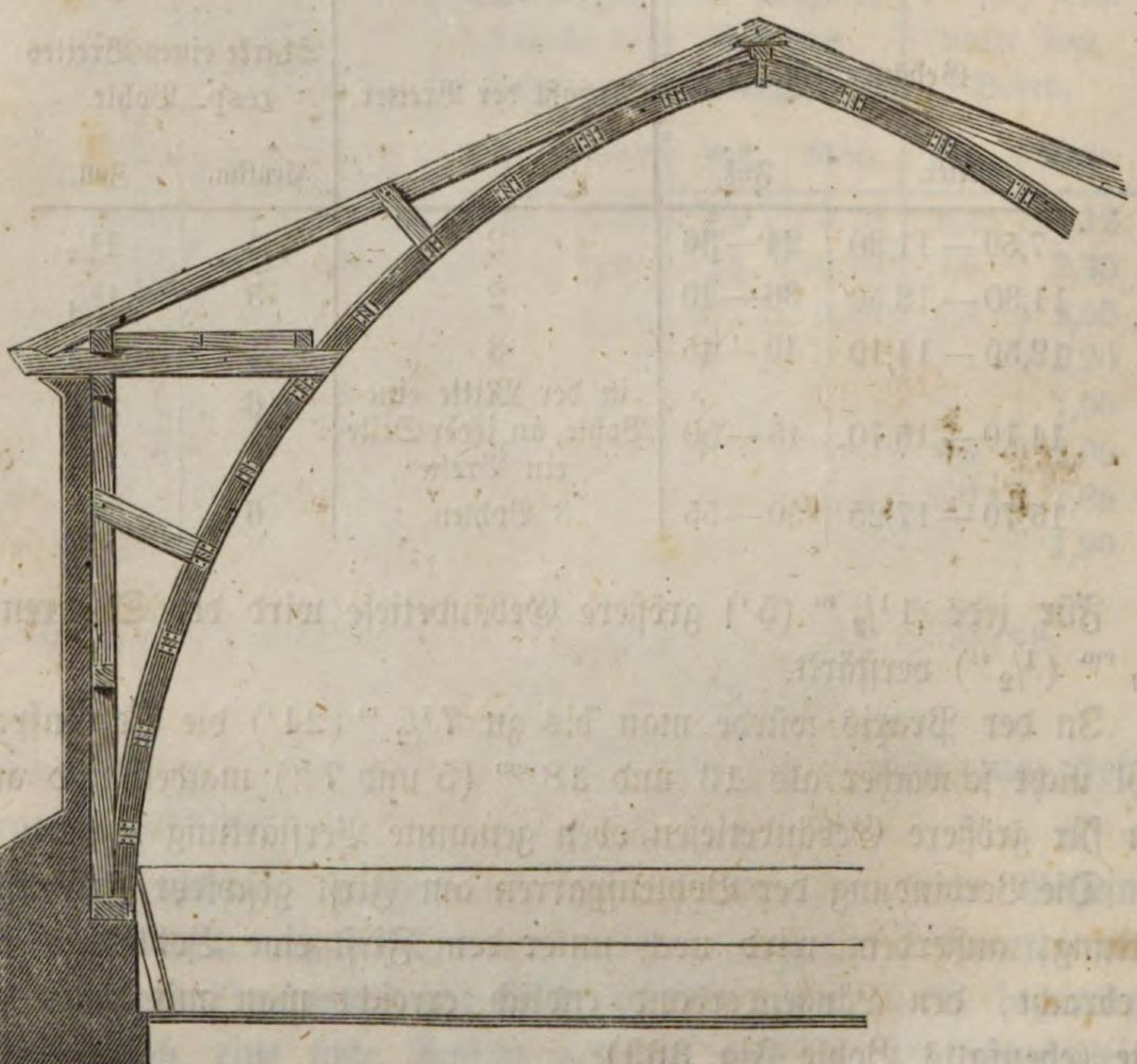


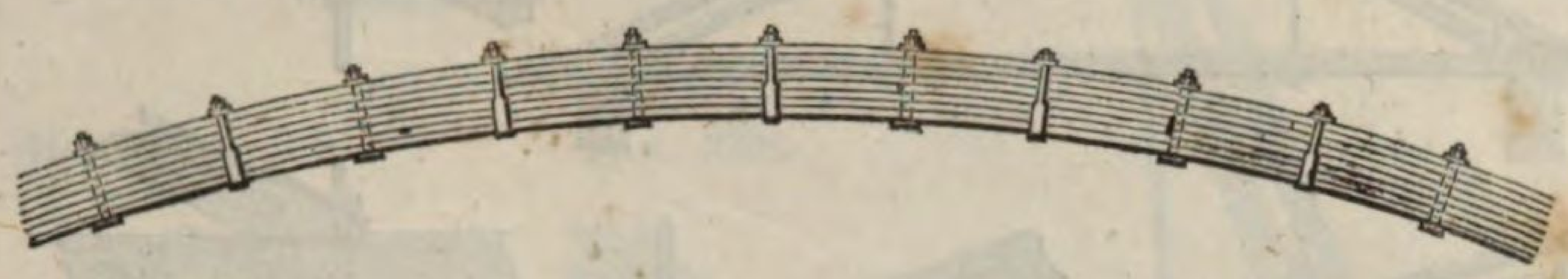
Fig. 372.



2. Bohlendächer nach Emy.

Bei dieser Constructionsweise werden Balken in schmale Streifen geschnitten, diese mit einer Erdwinde gebogen und dann in ihrem gekrümmten Zustande fest zusammen verbolzt (Fig. 373). Derartige Bogengespärre werden in Entfernungen von 3 — 5 m (10 — 16′) als Binder aufgestellt, hierauf werden Pfetten, welche wiederum die Sparren unterstützen, gelegt.

Fig. 373.



Die Bohlen- und Bogensparren werden im Hochbau nur noch selten angewendet, da die Constructionen in Eisen mit Holz bei großen Spannweiten eleganter und solider sind.

Die Dächer in Verbindung mit Eisen.

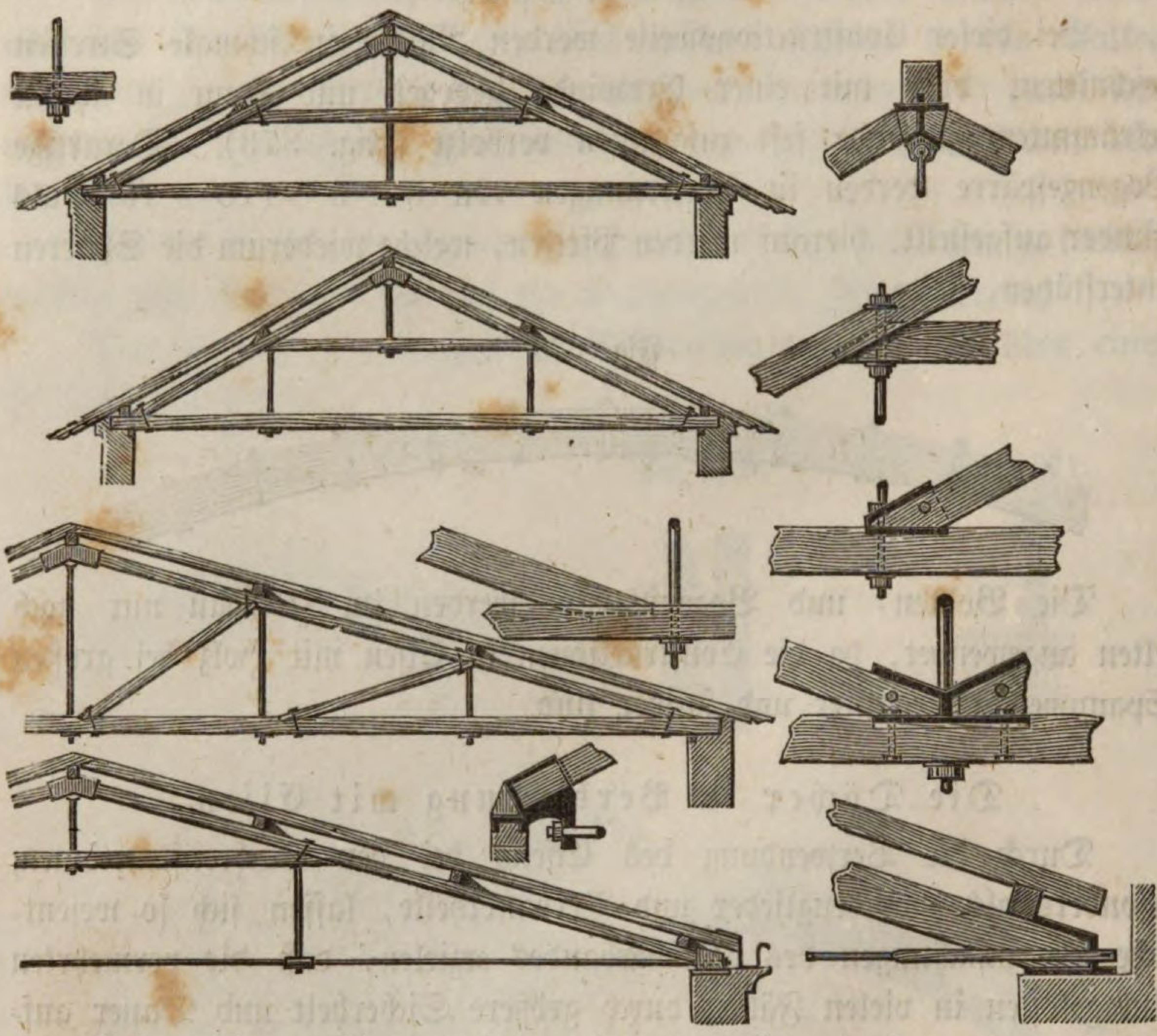
Durch die Verwendung des Eisens bei den Dachconstructionen, besonders als Zwischenglieder und Verbandtheile, lassen sich so wesentliche Vereinfachungen des Dachverbandes erzielen, daß die vermehrten Anlagekosten in vielen Fällen durch größere Sicherheit und Dauer aufgewogen werden.

Die Dächer mit Eisen werden nach dem Principe der Hängewerke gebaut, so daß der Horizontalschub der Hauptstreben durch eiserne Zugstangen aufgehoben wird. Meistens verwendet man bei diesen Dächern die Pfettenconstruction, wobei alsdann der Hauptsparren gleichzeitig als Hänge- und Sprengewerksstrebe benutzt wird.

Fig. 374 zeigt ein kleines einfaches Hängewerk, welches sich von den früher beschriebenen dadurch unterscheidet, daß die hölzerne Hängesäule mit einer eisernen Zugstange vertauscht und außerdem noch die mittlere Pfette von einem Kehlbalken unterstützt wird. Die Verbindung der Hängestange mit dem Hängebalken resp. den beiden Streben ist aus Fig. 374 a und b zu ersehen.

Eine ähnliche Anordnung giebt Fig. 375; hier wird bei einem doppelten Hängewerke der lange Kehlbalken ebenfalls von einer Hängestange aufgefangen. Aus Fig. 375 a ist die Verbindung des Kehlbalkens resp. Spannriegels mit der Hauptstrebe zu erkennen.

Fig. 374—382.



Bei größeren Spannweiten wird der Hängebalken an mehreren Stellen durch Hängestangen an den Hauptsparren aufgehängt und der Druck mittelst Streben auf die Fußpunkte der anderen Hängestange übertragen. Ein Beispiel dazu zeigt Fig. 376. Die Verbindung der Streben mit dem Hängebalken geschieht entweder durch Versatzung (Fig. 377), oder durch einen eisernen Schuh (Fig. 378). In der Mitte des Hängewerks stehen, am Fuße der Hängestange, zwei Streben in entgegengesetzter Richtung, für deren Anordnung sich die Construction Fig. 379 empfiehlt. Große fremde Belastung darf auf den angeführten Dachverbänden nicht ruhen.

In den bisher gegebenen Beispielen war ein durchgehender hölzerner Hängebalken vorhanden; dieser ist häufig störend, da er die Hängesäule unnöthig belastet und eine unangenehme Ansicht bietet. Man ersetzt ihn daher häufig durch eine eiserne Zugstange (Fig. 381), dann setzt sich der Hauptsparren in einen eisernen Schuh, an welchem die Zugstange befestigt wird.

Bei *kleinen* Hängewerken genügt die Construction Fig. 382, bei größeren Spannweiten jedoch muß die Zugstange den Schuh fest umgreifen. Die Zugstangen bestehen stets aus mindestens zwei Theilen und werden mit Muffen so verbunden, daß ein erneutes Anziehen der Schrauben möglichst erleichtert wird (Fig. 383).

Fig. 383.



Fig. 384—386.

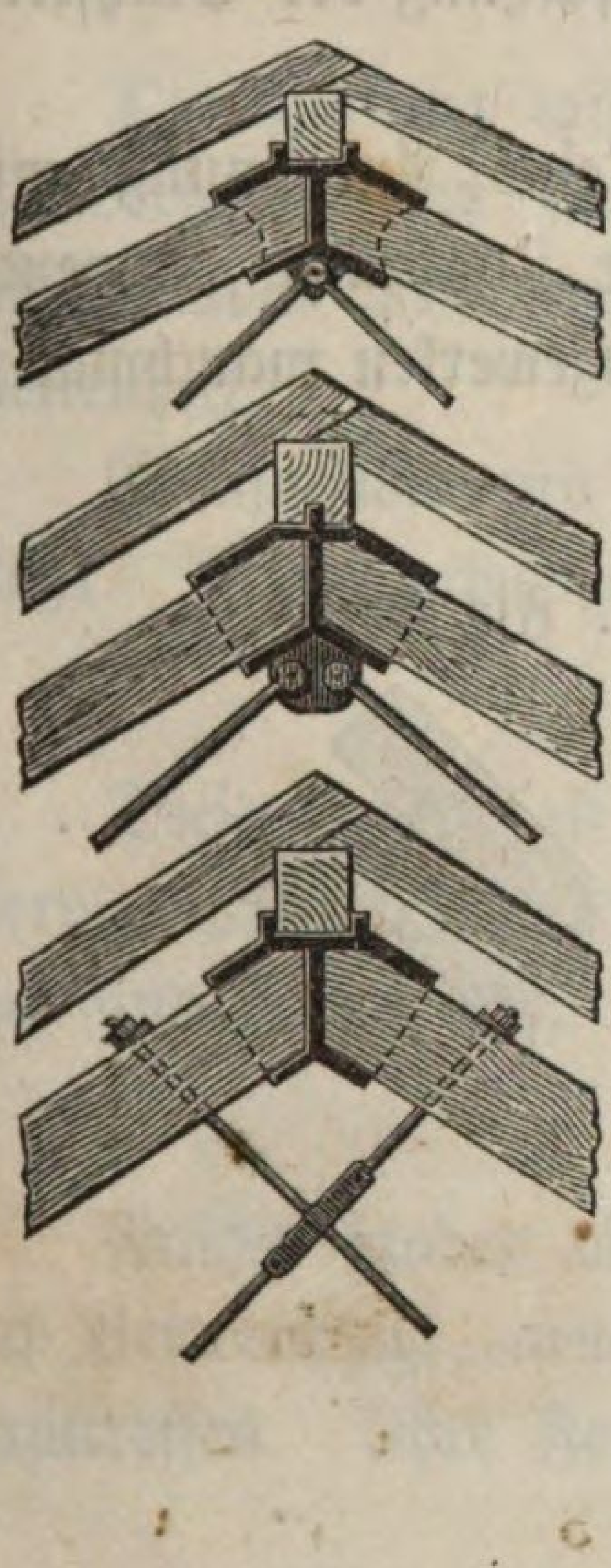


Fig. 388.

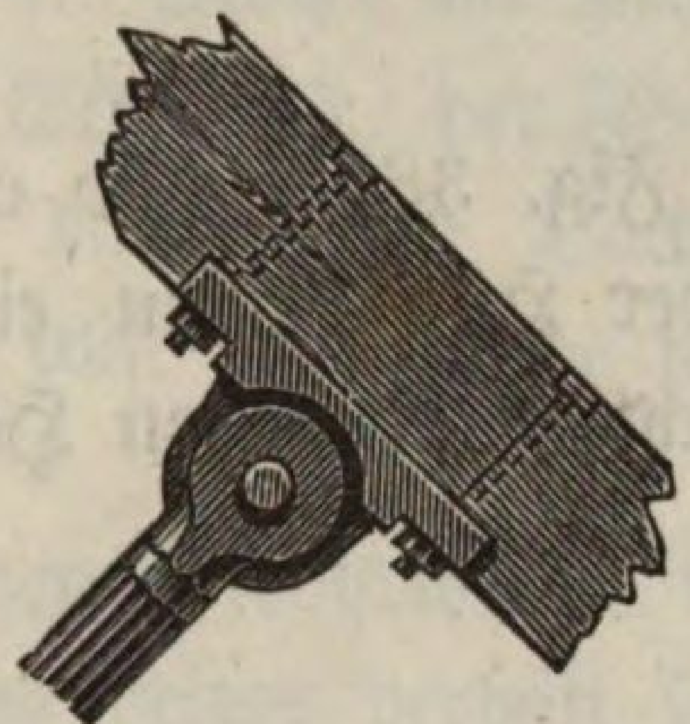


Fig. 389.

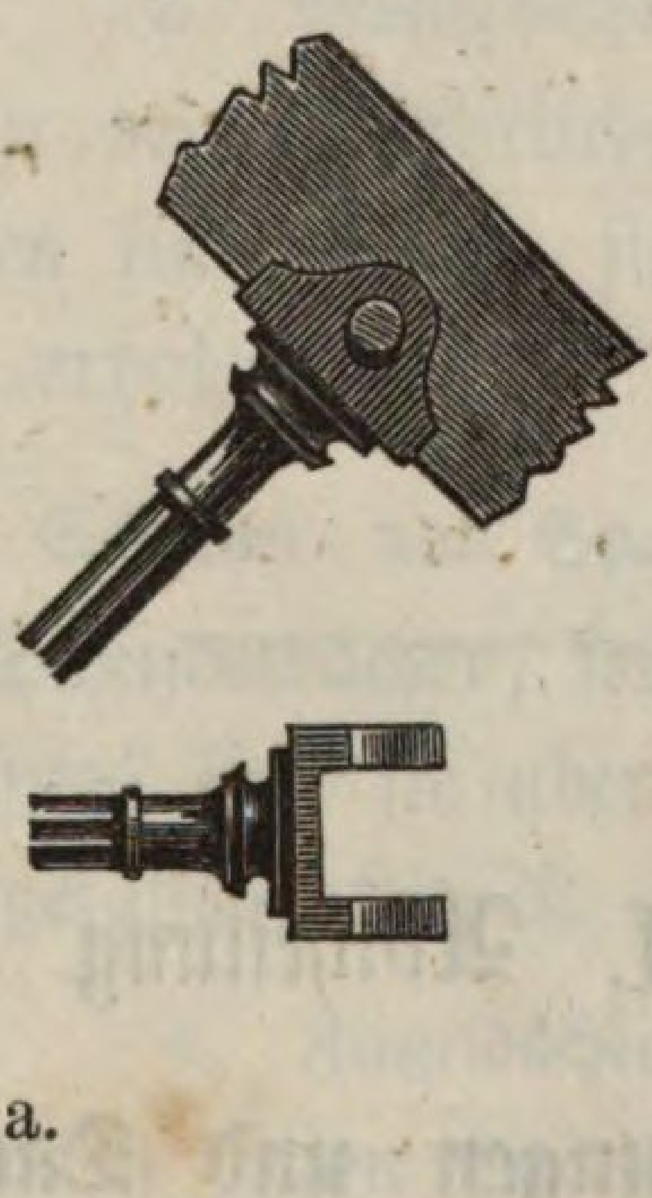
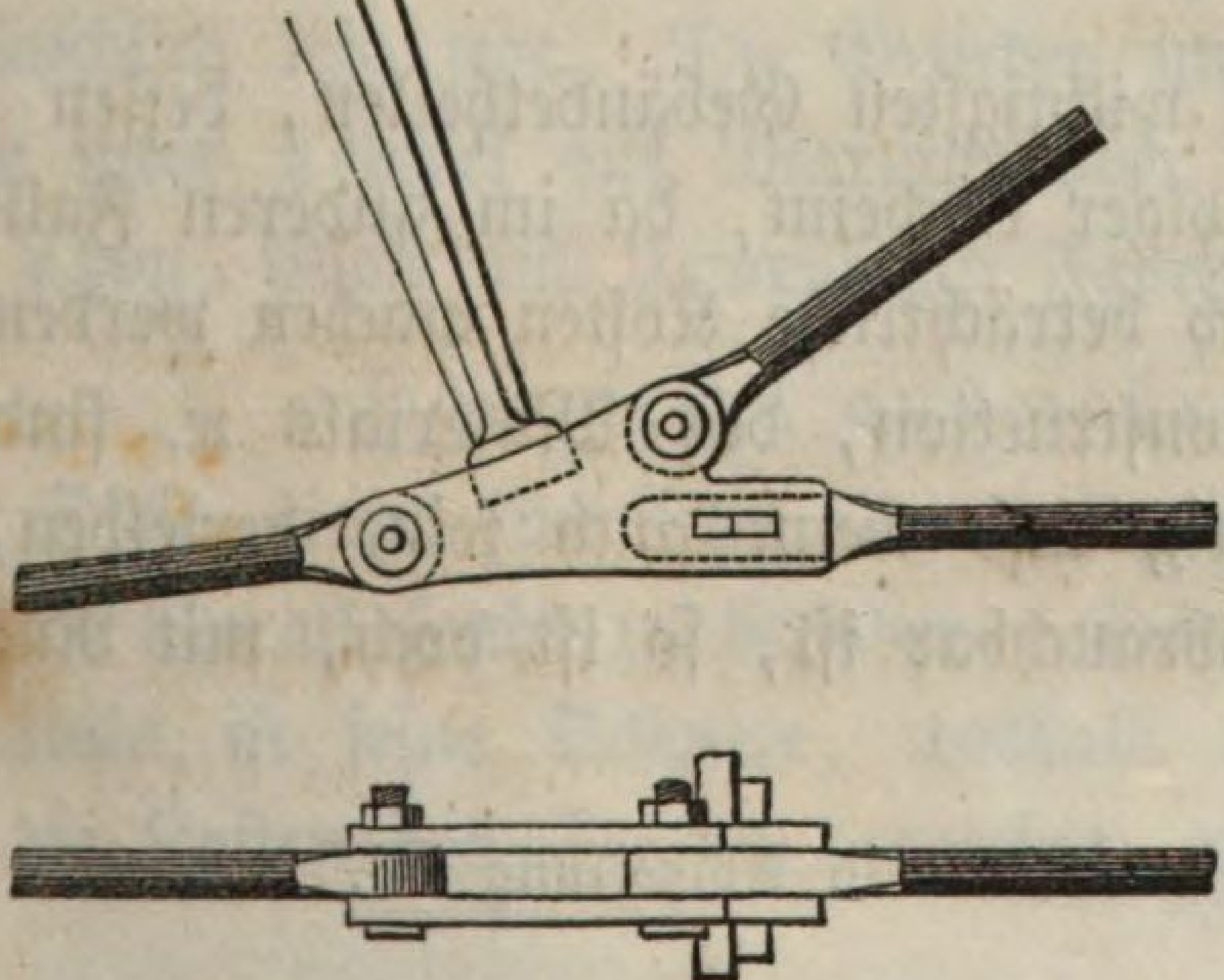


Fig. 389 a.



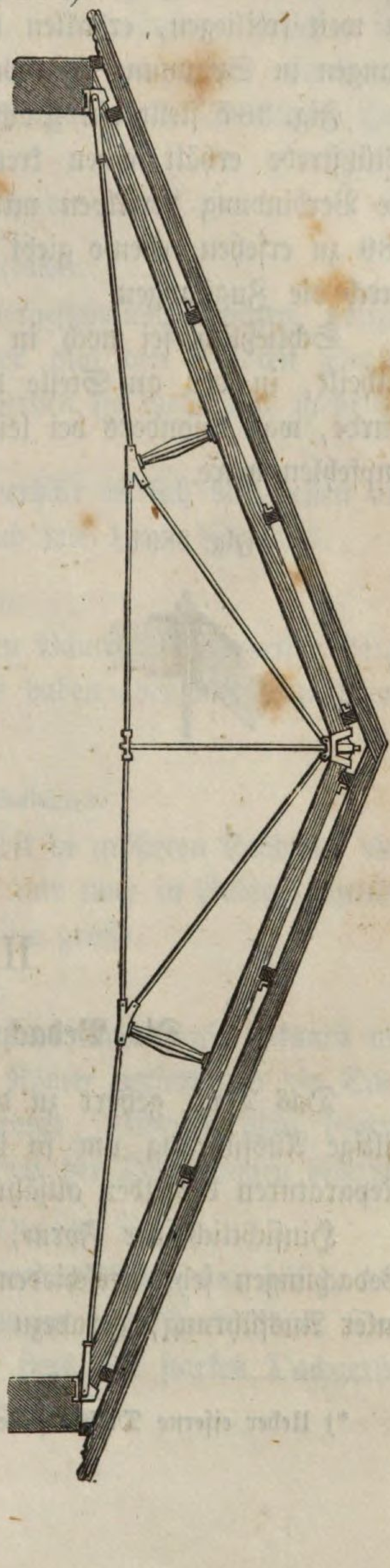


Fig. 387.

Die Verbindung der Firstpfette mit den Streben ist aus den Fig. 384—386 ersichtlich.

Größere Spannweiten werden nach dem Systeme Polonceau überdeckt. Dasselbe besteht darin, daß die Fußpunkte der Sparren von schmiedeeisernen Zugstangen gehalten werden. Falls die Hauptsparren zu weit freiliegen, erhalten sie eiserne Streben, welche von den Zugstangen in Spannung erhalten werden.*)

Fig. 387 stellt ein Dach nach dem Systeme Polonceau dar. Die Stützstrebe erhält einen kreuzförmigen oder auch runden Querschnitt, die Verbindung derselben mit dem Hauptsparren ist aus Fig. 388 und 389 zu ersehen, ebenso giebt Fig. 389 a die Unterstützung der Stützstrebe durch die Zugstangen.

Schließlich sei noch in Fig. 389 b und c eine Anordnung mitgetheilt, in der an Stelle der Hängesäulen eine Zugstange verwendet wurde, was besonders bei leichten, doppelten Hängewerken manchmal zu empfehlen wäre.

Fig. 389 b.

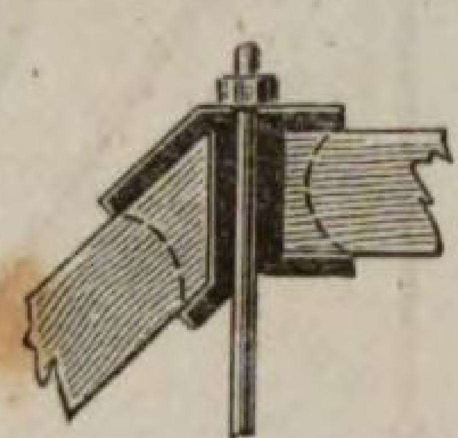
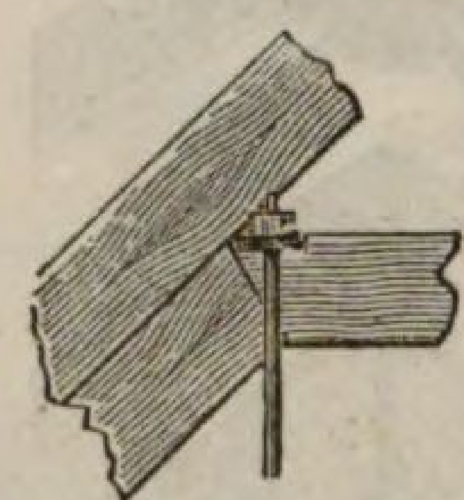


Fig. 389 c.



III. Abtheilung.

Die Bedachungen und Dachrinnen.

Das Dach gehört zu den wichtigsten Gebäudetheilen, dessen sorgfältige Ausführung um so nöthiger erscheint, da im anderen Falle die Reparaturen desselben alljährlich beträchtliche Kosten machen werden.

Hinsichtlich der Form, Construction, des Materials 2c. sind die Bedachungen sehr verschiedenartig und wenn auch keine derselben, bei guter Ausführung, geradezu unbrauchbar ist, so ist doch, mit Rücksicht

*) Ueber eiserne Dächer siehe das Weitere in Abtheilung IV.

auf Dichtigkeit und Feuersicherheit, die Wahl der Deckungsarten nicht gleichgültig. Die Ansprüche, die man an ein gutes Dach zu stellen hat, sind vollständiger Schutz gegen die Witterungseinflüsse, Haltbarkeit des Deckmaterials, keine zu starke Belastung des betreffenden Gebäudes, ferner soll die Befestigung und Zusammensetzung der einzelnen Theile des Daches möglichst leicht und einfach sein. Das äußere Ansehen des Daches soll dem Gesammtcharacter des Gebäudes entsprechen, die Kosten desselben mit dem Werthe und Zwecke des Hauses in schicklichem Verhältnisse stehen.

Rücksichtlich des Deckmaterials unterscheidet man:

1. Stroh- und Rohrdächer.

Die Deckung mit Stroh ist, der Feuergefährlichkeit wegen, polizeilich verboten und sind daher diese Dächer aus den Städten gänzlich verschwunden und auch auf dem Lande werden sie mehr und mehr zur Seltenheit.

Ebenso wie mit den Strohdächern verhält es sich mit denen aus Rohr. Die Dachneigung beider verhält sich wie 1 : 2 bis 2 : 3.

2. Bretterdächer.

Diese finden fast nur bei provisorischen Bauten, Schuppen u. dergl. Verwendung. Ihre Kosten sind gering, sie haben aber nur kurze Dauer und sind schwer dicht zu erhalten.

3. Schindel- und Spahndächer.

Früher fanden die Schindeldächer, selbst in größeren Städten, vielfach Verwendung, neuerdings sind sie aber nur noch in Gebirgsgegenden anzutreffen. Ihre Feuergefährlichkeit ist eine große.

4. Ziegeldächer.

Die Ziegeldächer waren schon im Alterthume ebenso bekannt und gebräuchlich wie jetzt. Die Griechen und Römer verfertigten die Dachsteine ihrer Tempel aus Marmor oder Bronze, während man heutzutage Thon, Glas und Cement zur Fabrikation der Dachpfannen benutzt.

Dachziegel aus gebranntem Thon.

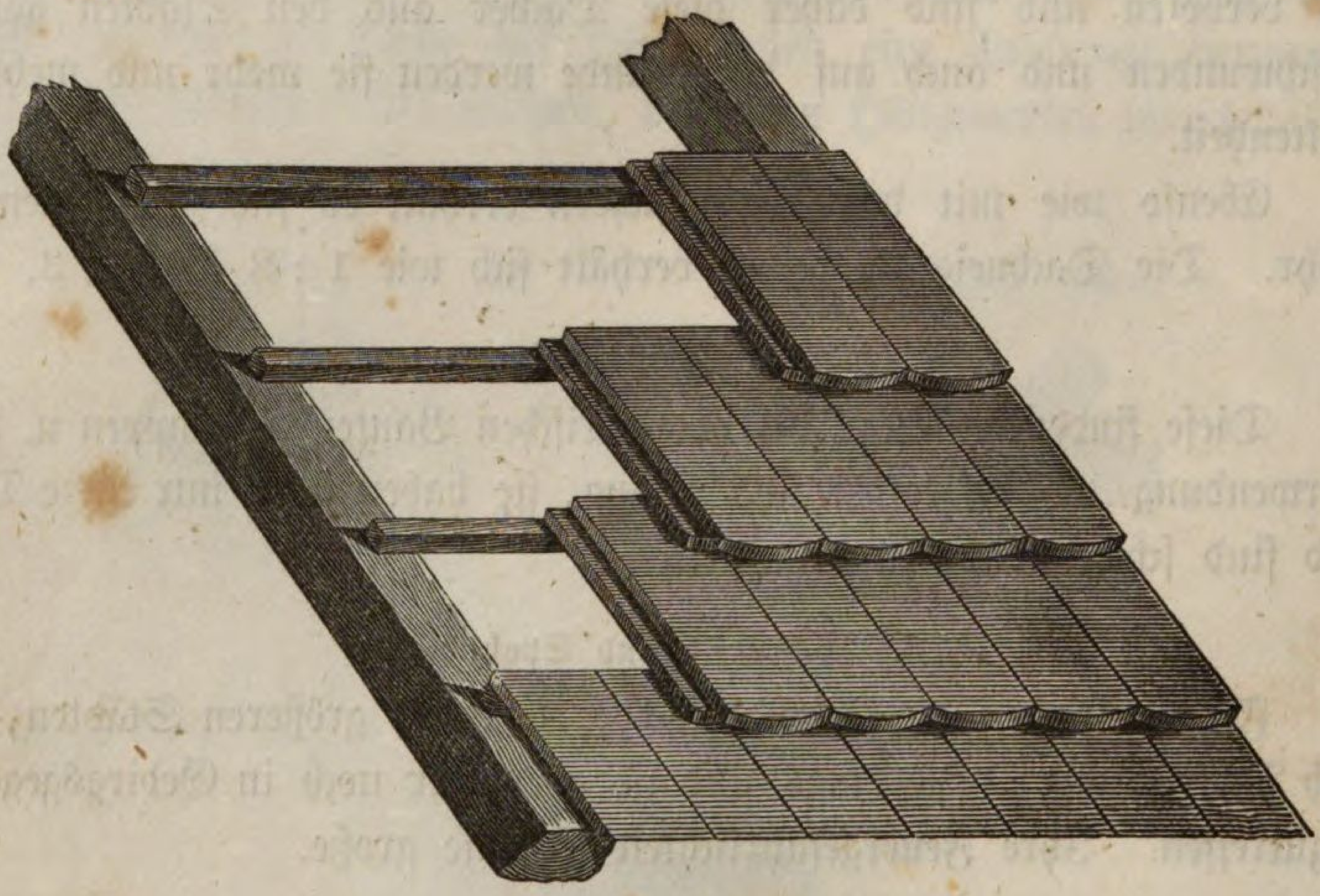
Diese Ziegel sind sehr dauerhaft, widerstandsfähig und billig, auch sind sie überall leicht zu beziehen. Der einzige Uebelstand dieses Deckmaterials ist seine Schwere, weshalb es stets ein starkes Dachgerüst, das die Kosten des Daches vermehrt, verlangt.

Je nach den Formen der Ziegel unterscheidet man sogenannte Flachwerke (Biberschwänze, Ochsenzungen) 39 cm (15″) lang, 16 cm (6″) breit, 1 cm (1/2″) stark, oder ∽förmig geschwungene Pfannen.

Erstere werden meistens am Rhein, in Holland und Belgien, letztere im nördlichen und östlichen Deutschland angewendet. In beiden Fällen werden die Dachsparren belattet, und die Steine, mit ihren nach unten vorspringenden Nasen, im Verbande aufgehangen. Je nach der Entfernung der Latten von einander und nach der Methode des Aufhängens unterscheidet man bei den Flachwerks-Dächern:

a. Das sogenannte einfache oder Spließ-Dach (Fig. 390). Dasselbe erfordert wenig Latten und Dachsteine und ist in Folge dessen

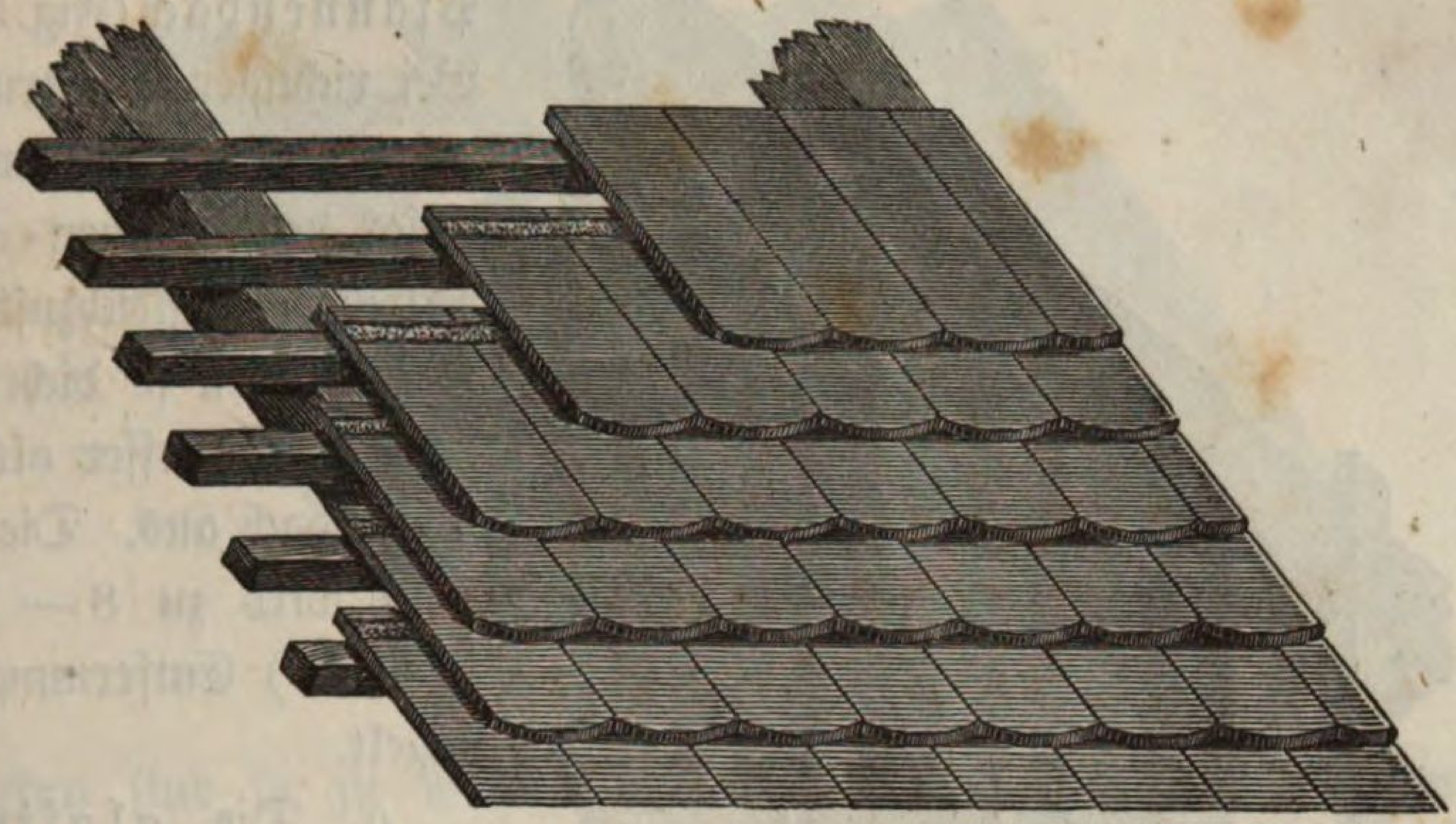
Fig. 390.



am leichtesten und billigsten, aber seine Dichtigkeit bleibt gering. Aus diesem Grunde benutzt man das Spließdach nur zu untergeordneten Gebäuden, welche an und für sich wenig Werth haben und große Dichtigkeit nicht unbedingt verlangen. Die Sparrenweite beträgt von Mitte zu Mitte 1—1,20 m (3—3 1/4′), die Lattenweite 19—21 cm (7 1/2—8″).

b. Das Doppeldach (Fig. 391). Hierbei sind die Latten nur so weit von einander entfernt, daß die aufgehangenen Steine sich auf 2/3 ihrer Länge überdecken. Dieses Dach ist zwar dichter als das vorige, aber viel schwerer, kostspieliger und schwierig bei Reparaturen. Die

Fig. 391.



Sparrenweite beträgt von Mitte zu Mitte 1—1,20^{m} (3—3$^{3}/_{4}$′) und die Lattenweite 13$^{1}/_{2}$—14^{cm} (5$^{1}/_{4}$—5$^{1}/_{2}$″).

c. Das Kronen- oder Ritterdach, bei dem die Latten auf $^{2}/_{3}$ der Länge der Dachsteine von einander entfernt liegen, auf jede Latte wird eine Doppelreihe gehängt (Fig. 392).

Dieses ist von den Flachwerks-Dächern das beste, indem es sich durch gutes Aussehen und leichte Reparaturfähigkeit auszeichnet. Es ist weder schwerer noch theurer als das Doppeldach und viel dichter als das Spließdach. Die Sparrenweite beträgt 1—1,20^{m} (3—3$^{3}/_{4}$′) und die Lattenweite 26—27^{cm} (10—10$^{1}/_{2}$″).

Um die Dichtigkeit des Ziegeldaches zu vermehren, besonders aber um das Eintreiben des Schnees zu verhüten, hat man die Fugen zwischen den einzelnen Dachsteinen schon beim Aufhängen mit Haarkalk-Mörtel ausgefüllt, oder nachträglich damit innerhalb verschmiert. Trotz seiner Kostspieligkeit hat dieses Dichten der Fugen mit Mörtel keinen großen Nutzen, da die Dachsteine durch den Wind, sowie durch das Ziehen und Werfen des Dachgerüstes bewegt werden, wodurch der Mörtel abbröckelt und, bei ländlichen Gebäuden, das unter dem Dache aufbewahrte Getreide, Futter 2c. verunreinigt. Will man gleichwohl dieses Verschmieren vornehmen, so thut man besser hydraulischen Kalk zu nehmen.

Bei jeder der genannten Deckungsarten lassen sich die einzelnen Dachziegel ganz in Mörtel verlegen, was man die böhmische Eindeckung nennt. Durch die böhmische Deckung des Kronen- oder Ritterdaches wird die beste Art des Ziegeldaches erlangt.

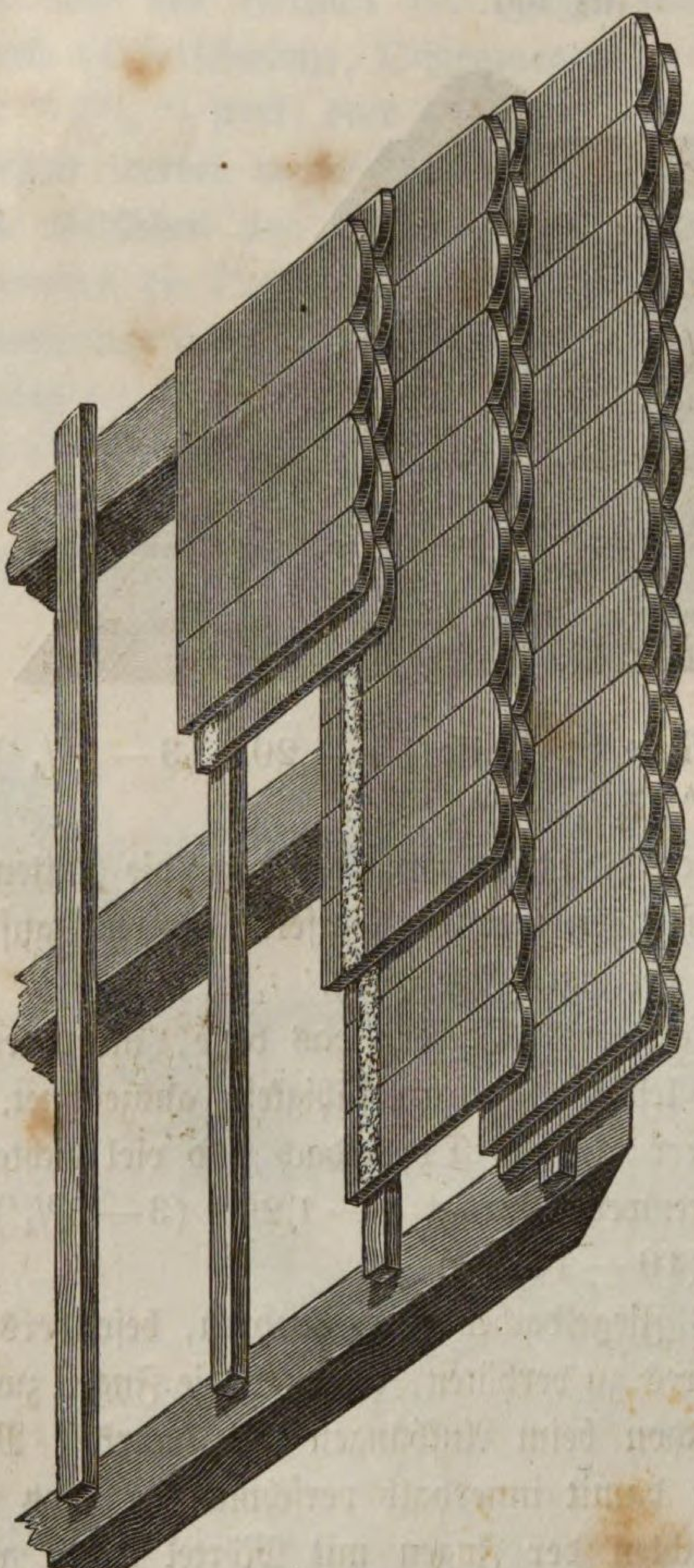


Fig. 392.

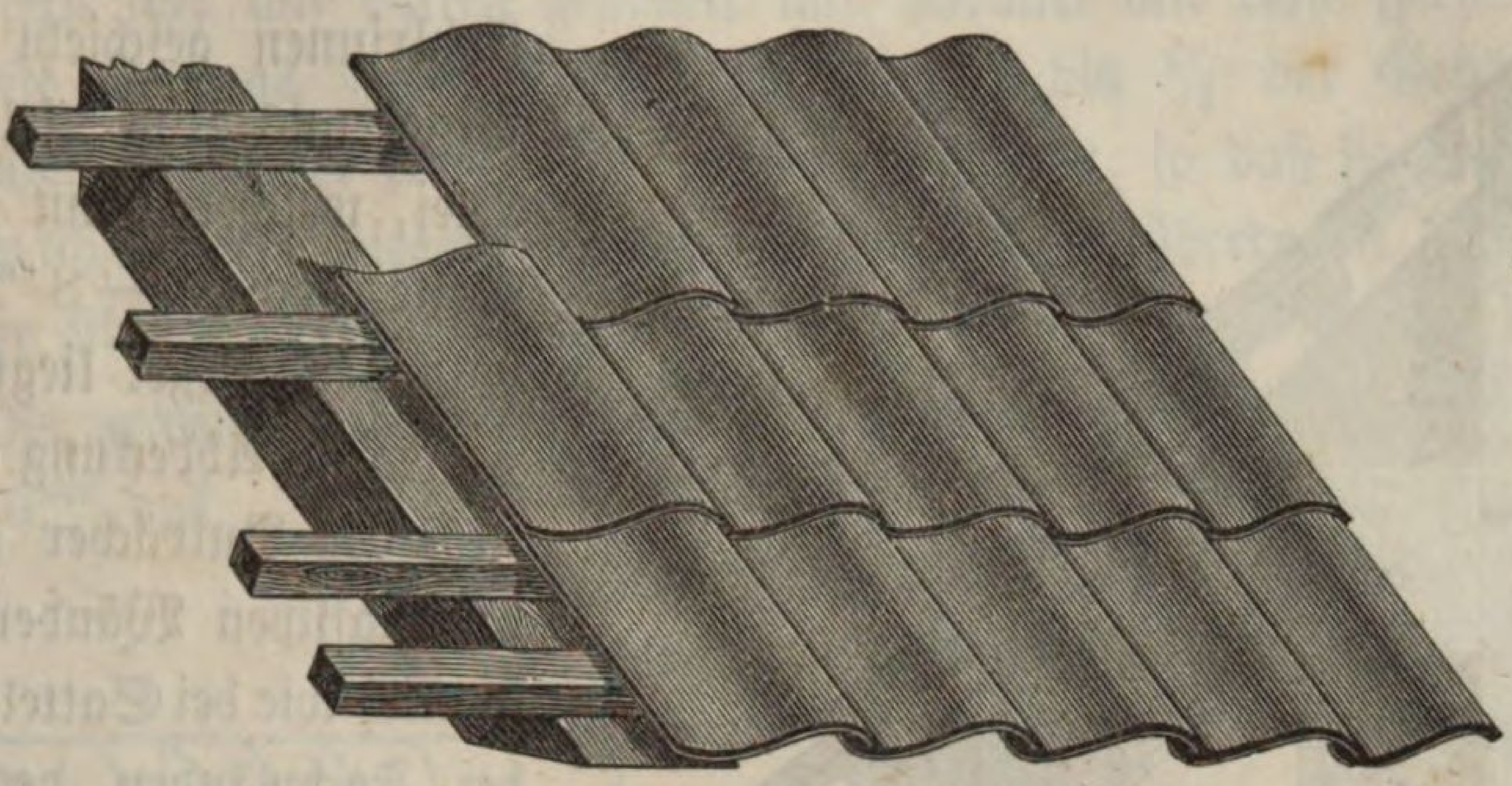
d. Das ∽förmige Pfannendach (Fig. 393). Bei richtiger Construction und guter Ausführung ist dieses dem Kronen- resp. Ritterdache gleichzustellen, es hält eben so dicht und sieht etwas besser als das Spließdach aus. Die Lattung wird zu 8 — 11 cm (3 — 4″) Entfernung genagelt.

e. Die glasirten Ziegel. — Die Kunst Dachziegel, gewöhnliche Mauerziegel und viereckige Ziegelplatten zur Bekleidung äußerer Flächen zu emailliren, war schon im hohen Alterthume bekannt und scheint im Oriente seinen Ursprung zu haben.

In der Jetztzeit ist die Anwendung der flachen Glasurziegel am gebräuchlichsten in Baiern, wo sie auf Wand- und Dachflächen vielfach schuppenförmig angebracht werden. Seit der Ausstellung von 1855 wurde die Benutzung der Glasurziegel in Frankreich sehr verbreitet, namentlich geschah dies mit bleifarbigen, d. h. solchen, zu deren Glasur vorzüglich Reißblei genommen wird, wodurch man gelbe und braune Farben in allen Tönen und Abstufungen hervorbringt.

Durch Anwendung emaillirter Ziegel und Dachsteine kann man die schönsten Mosaiken bilden, man erhält dieselben in Weiß, Gelb, Braun, Grün, Blau 2c. zart in der Schattirung und von guter Dauer. Die

Fig. 393.



Farben sind so zu wählen, daß sie mit einander harmonieren; man nehme kein Schwarz, wenig Braun, sondern helle, sanfte und doch lebhafte Farben, wie Neapelgelb, Grün, Blau, lebhaftes Roth ꝛc. sind zu empfehlen.

Die Bildung des Firstes und der Kehlen. Bei Walm- und einfachen Satteldächern entsteht am First eine beträchtliche Fuge, welche durch übereinandergreifende Dachsteine kaum gedichtet werden kann. Es empfiehlt sich daher, den First mit besonderen Hohlziegeln oder Halftern (Fig. 394 A), welche ganz in Mörtel eingesetzt werden, zu überdecken.

Dergleichen Halfter können auch bei Kehlen resp. Rinnen zur Anwendung kommen (Fig. 394 B).

Will man die Halfter vermeiden, so kann die Dichtung des Firstes auch dadurch geschehen, daß die Biberschwänze der einen Dachfläche über die der anderen hinwegreichen (Fig. 394 C).

Fig. 394 A – C.

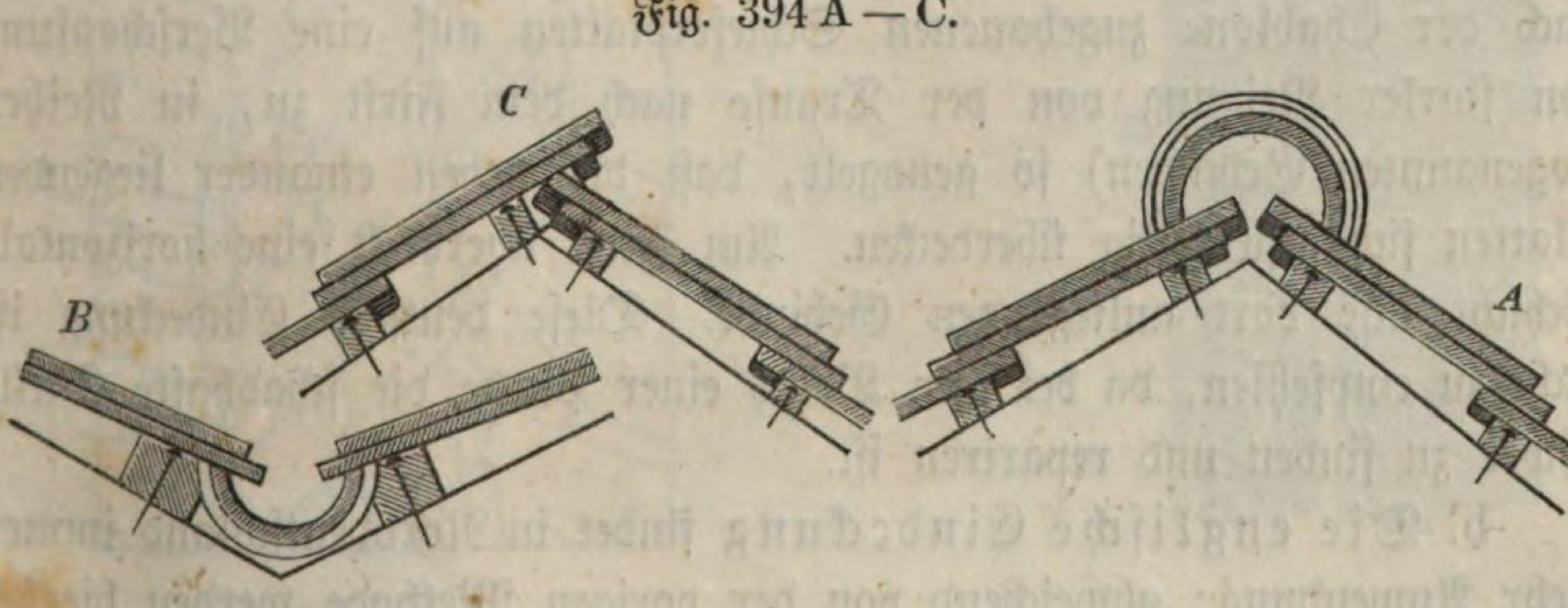
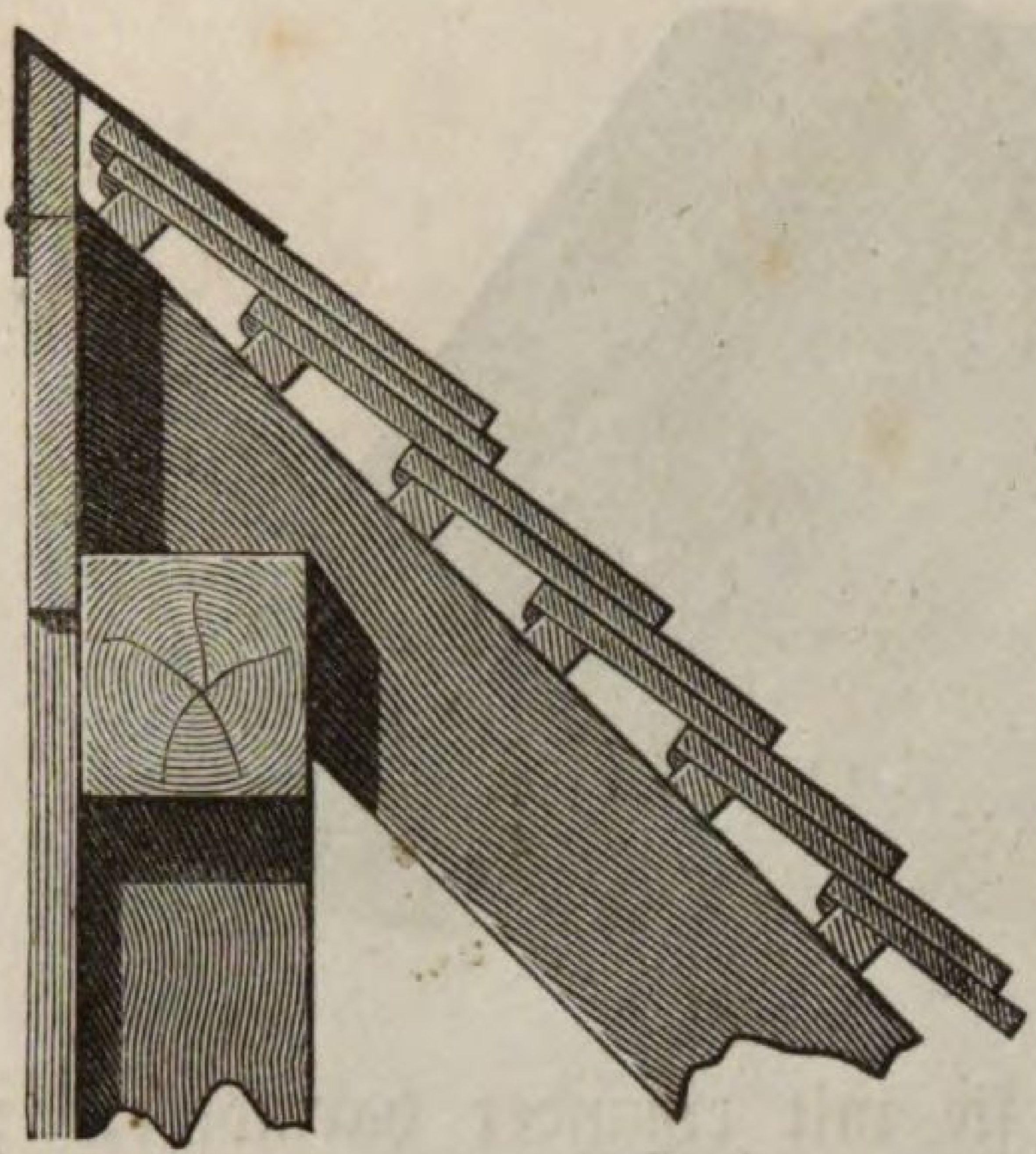


Fig. 395.

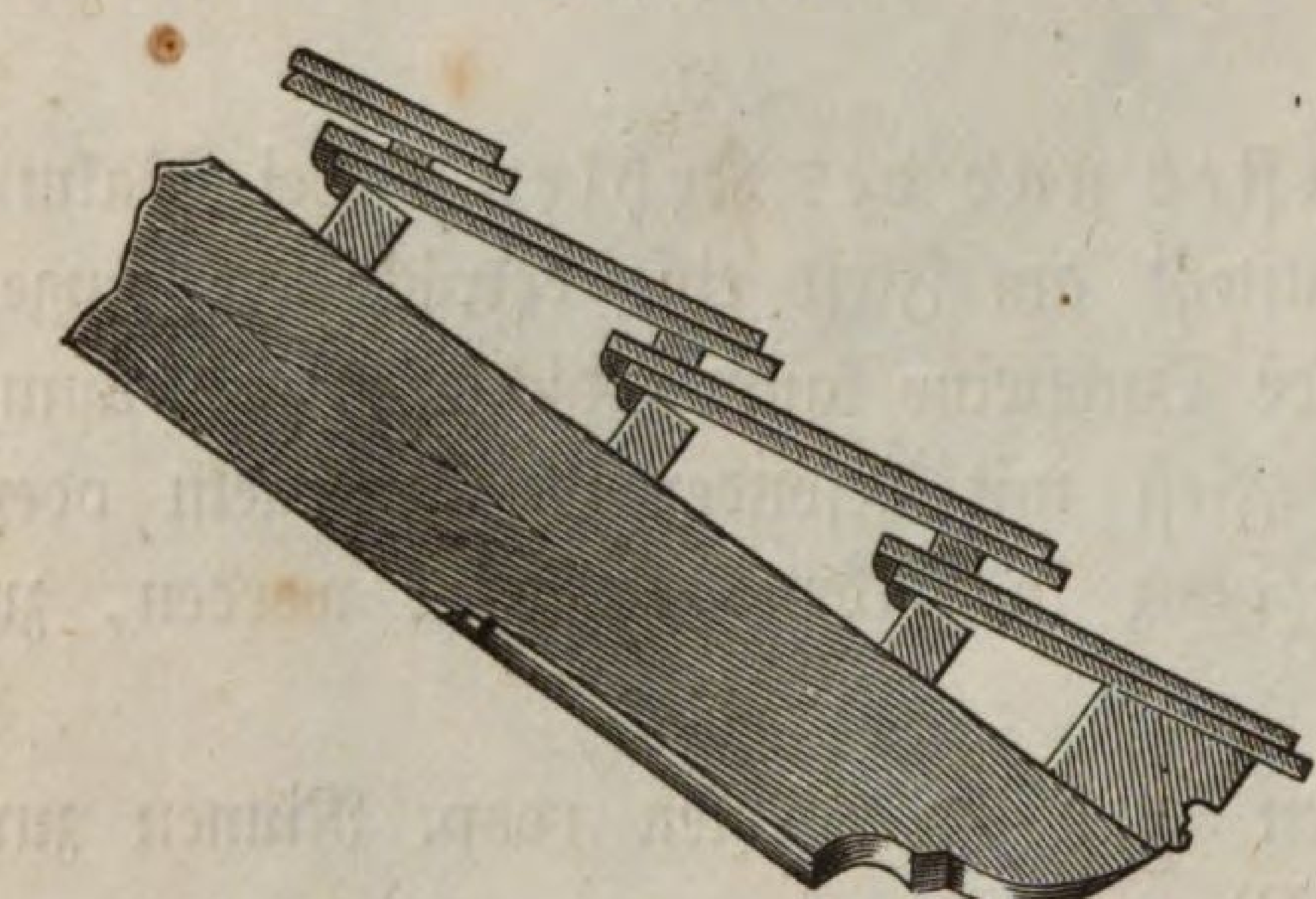


Die Anfertigung der Kehlrinnen geschieht in der Regel aus Zink, selten aus Blei, welches dann zu jeder Seite noch 5—8 cm unterhalb der Ziegel liegt.

Die Abdeckung des Firstes der Pultdächer geschieht bei massiven Wänden, ganz ähnlich wie bei Satteldächern, bei Fachwänden deckt man einfach durch einen Zinkstreifen ab (Fig. 395).

An der Traufe muß die letzte Latte der Dachfläche höher als die obere liegen und zwar beträgt der Unterschied, je nach der Deckungsart, die Dicke einiger Biberschwänze (Fig. 396).

Fig. 396.



5. Schieferdächer.

Die Eindeckung mit Schiefer giebt ein sehr gutes, feuersicheres und dauerhaftes Dach. Die nicht beträchtlichen Mehrkosten derselben gegen andere Deckungsarten werden durch verhältnißmäßig lange Dauer ausgeglichen. Hinsichtlich der Eindeckung unterscheidet man zwei Arten:

a. Die deutsche Eindeckung (Fig. 397). Hierbei werden die nach der Chablone zugehauenen Schieferplatten auf eine Verschaalung von starker Neigung von der Traufe nach dem First zu, in Reihen (sogenannten Gebinden) so genagelt, daß die neben einander liegenden Platten sich gegenseitig überdecken. Am First überdeckt eine horizontale Schicht alle dort anliegenden Gebinde. Diese deutsche Eindeckung ist nicht zu empfehlen, da bei dem Bruch einer Platte die schadhafte Stelle schwer zu finden und repariren ist.

b. Die englische Eindeckung findet in Norddeutschland immer mehr Anwendung; abweichend von der vorigen Methode werden hierbei

die Tafeln nur auf Latten genagelt und parallel mit dem Firste gelegt. Die beste Neigung dieses Daches beträgt $^1/_3$ bis $^3/_5$ der Gebäudetiefe. Die einzelnen Tafeln sind ca. 2 Lattenweiten lang, so daß sie die Platten der zunächst tiefer liegenden Schicht zur Hälfte überdecken. Fig. 398 zeigt die übliche Deckungsweise.

Die englischen Schiefer sind in der Regel 63 ^{cm} lang, 36 ^{cm} breit und 0,5 ^{cm} dick.

Fig. 397.

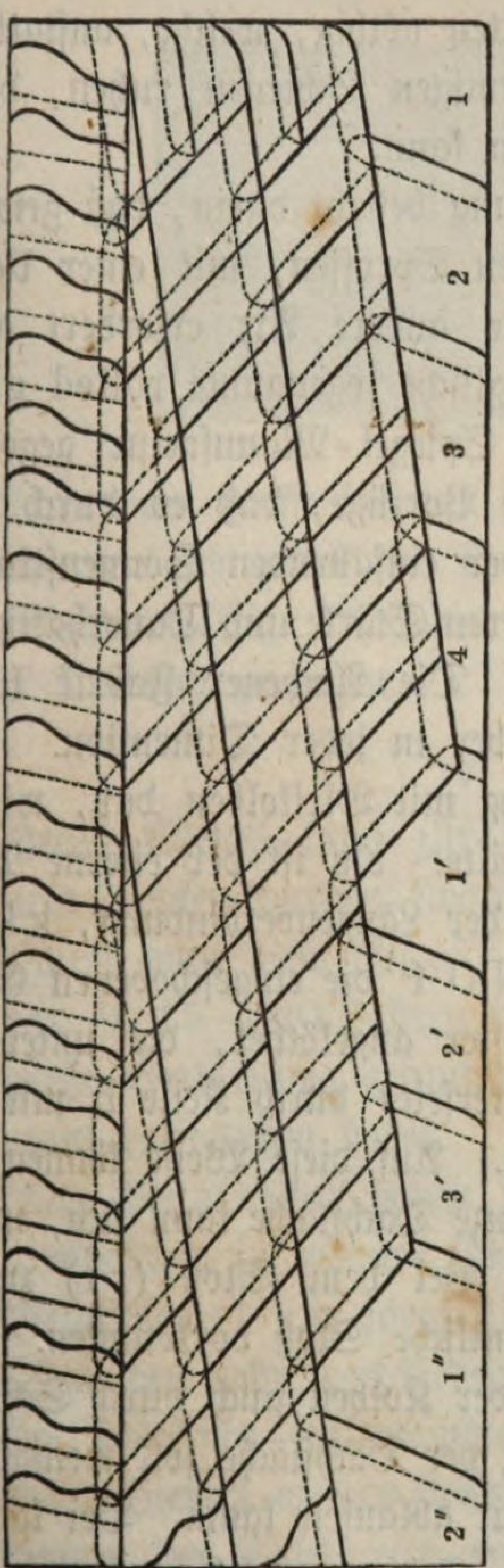
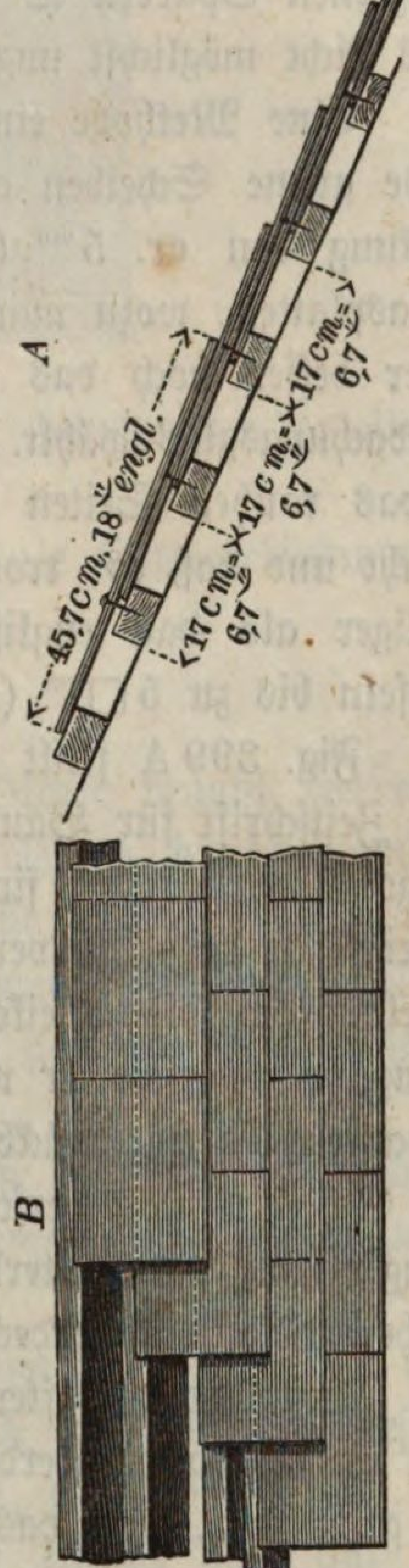


Fig. 398.



6. Dachdeckung mit Glas.

Bei den gewöhnlichen Ziegeldächern pflegt man häufig, zur Erhellung des Dachbodens, Glasziegel an verschiedenen Stellen einzusetzen. Das übliche Format der ∽förmigen Dachpfannen ist wohl auf jeder Glashütte zu haben, hingegen muß das Format der Biberschwänze meistens erst angefertigt werden. Die Art der Eindeckung des Daches wird durch das Einfügen der Glasziegel nicht geändert.

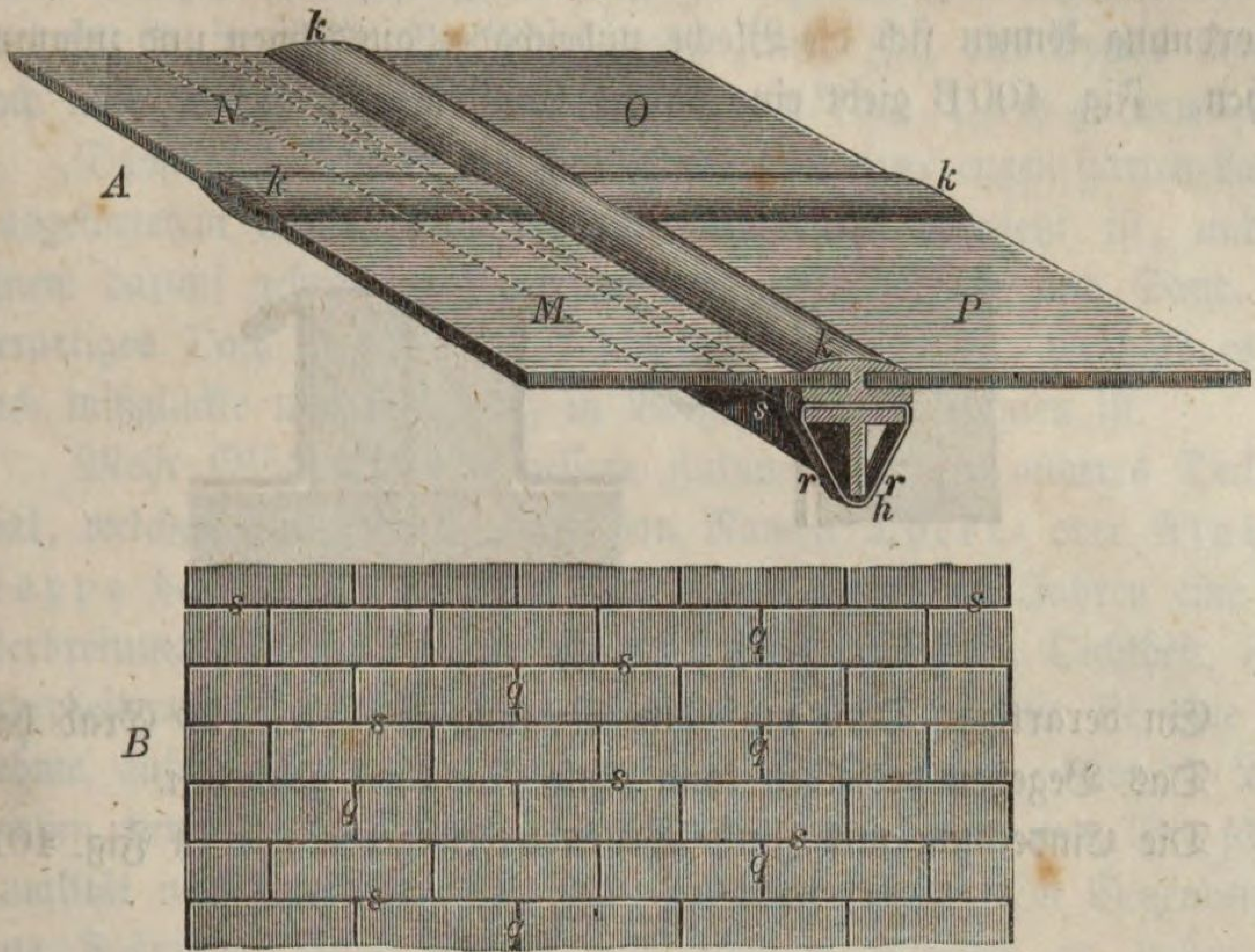
Anders verhält es sich, wenn, z. B. für ein Oberlicht, eine größere Glasfläche nöthig wird. Hierzu reichen die gewöhnlichen Glaspfannen nicht aus, sondern sind größere Glasplatten nöthig, welche, anstatt auf hölzernen Sparren rc. auf eisernen T förmigen Schienen ruhen, damit das Licht möglichst ungehindert eindringen kann.

Eine Methode einer solchen Eindeckung besteht darin, daß gewöhnliche grüne Scheiben auf dünnen eisernen Sprossen, mit einer Ueberdeckung von cr. 5 ^{cm} (2″), ruhen. Die andere Art erfordert große Glasplatten, wozu man entweder das englische sogenannte rolled glass, oder besser noch das in der Aachener Spiegel-Manufactur gegossene Bedachungsglas wählt. Letzteres hat die Vorzüge, daß es durch seine etwas rauhen Seiten die Intensivität der einfallenden Sonnenstrahlen bricht und daß es, trotz seiner viel größeren Stärke und Dauerhaftigkeit, billiger als das englische Fabrikat ist. Die Aachener Fabrik liefert Tafeln bis zu 5 □ ^{cm} (50 □″) und darüber in jeder Dimension.

Fig. 399 A stellt eine Glasbedachung mit Bleikolben dar, wie sie die Zeitschrift für Bauhandwerker mittheilte. s s ist der eiserne T förmige Sparren, k k sind die Bleikolben der Längenverbindung, k k die Bleikolben der Querverbindung und M N O P die eingeschobenen Glastafeln. An die Bleikolben k k sind Hafter angelöthet, die unter die Ringe r eingeschoben werden, welche ihrerseits durch Keile h mit den Sparren s s unverrückbar verbunden sind. Auf diese Weise können sich die Scheiben nicht verschieben und die ganze Dachfläche kann sich, unabhängig von der Unterlage, ausdehnen. Bei dem Stoß (r r) zweier Scheiben kann Ueberdeckung und der eigentliche Stoß vorkommen.

Anstatt der Hafterverbindung kann der Kolben auch durch Schrauben niedergehalten werden. Die Neigung der Dachfläche soll wenigstens so groß sein, daß das Schwitzwasser gut ablaufen kann. Bei langen Sparren kann man die Bleibalken mit Stößen versehen, damit ein Ineinanderschieben möglich wird. Diese Maßregel genügt, um die

Fig. 399.



Dachfläche vom Firste bis zur Traufe zu sichern, sobald nur die eisernen Sparren sich ausdehnen können.

Sind s s (Fig. 399) die Sparren, so sind die Querverbindungen q q in Verband zu legen.

7. Metalldächer.

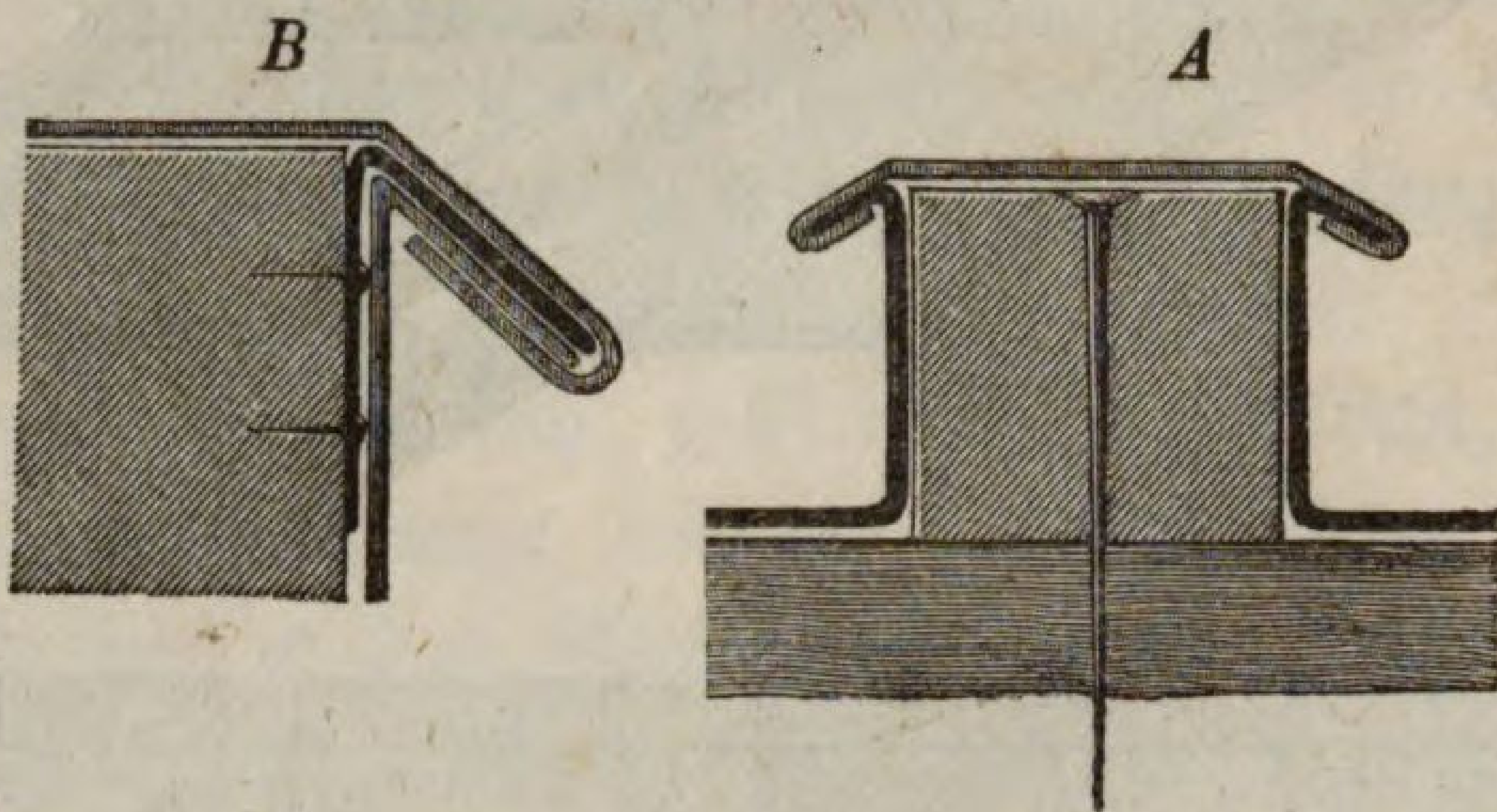
Jedes Metall kann zur Eindeckung der Dächer benutzt werden; Blei und Kupfer wurden schon im Mittelalter vielfach hierzu benutzt, jetzt nimmt man diese Metalle, ihrer hohen Preise wegen, nicht mehr. Die vor cr. 15 — 20 Jahren in Gebrauch gekommenen Zinkdächer haben eine große Verbreitung gefunden, obgleich sie den gehegten Erwartungen nicht ganz entsprochen haben.

Alle Metalldächer haben den Nachtheil, daß sie sich im Sommer stark ausdehnen, im Winter sich zusammenziehen, weshalb die Befestigung der Metallplatten sehr sorgfältig geschehen muß.

Von den sehr verschiedenartigen Eindeckungen der Zinkdächer hat sich die schlesische Leisteneindeckung (Fig. 400 A und B) am besten bewährt. Hierbei werden Leisten, 8 cm (3″) breit, 6 cm (2½″) hoch, in Entfernung der Tafelbreite vom First nach der Traufe hin, auf die Schaalung genagelt. Das Zinkblech wird gegen die Leisten gefalzt und

mit einem Deckblech, das die Blechfalze umgreift, überdeckt. Bei dieser Anordnung können sich die Bleche unbeschadet ausdehnen und zusammenziehen. Fig. 400 B giebt eine andere Construction.

Fig. 400.



Ein derartiges Dach muß eine Neigung von 15 — 20 Grad haben. Das Begehen desselben kann ohne Nachtheil geschehen.

Die Eindeckung mit Zink-Wellenblechen geben wir in Fig. 401.

Fig. 401.



Diese wellenförmigen Bleche leisten gegen Durchbiegen einen starken Widerstand und können sich demzufolge ziemlich weit freitragen, sie sind in Längen bis zu 22 m (75′) und Breiten von 57 cm (22″) zu beziehen und eignet sich Zink Nr. 12 und 13 am besten dazu. Die Neigung der Dachfläche ist 1 : 6 bis 1 : 8 anzuordnen.

Wegen der großen Widerstandsfähigkeit dieser Wellenbleche kann man die Sparren und Bretterverschalung weglassen, und genügen hölzerne oder eiserne Stuhlpfetten zum Dachstuhle. Diese liegen in Entfernung von cr. $1\frac{1}{4}$ m (4′) von einander.

Besonders bei Dächern, welche wenig Querverbindungen haben, ist dieses System der Eindeckung zu empfehlen, z. B. bei Lagerhäusern, Wagenschuppen, Eisenbahnhallen 2c. Da das Wellenblech sich auf eisernen Dachstühlen sehr leicht befestigen läßt, so benutzt man es häufig bei provisorischen Bauten, die feuersicher sein müssen.

8. Theer- oder Asphalt-Pappdächer.

Die Mängel der alten Dachdeckungs-Arten, von denen auch die Eindeckung mit Metallblechen nicht frei sind, empfindend, war man

stets bemüht, neue Deckmaterialien zu ersinnen und anzuwenden. Besonders ist in dieser Beziehung das, seiner Zeit viel Epoche machende und nach seinem Erfinder benannte Dorn'sche Dach zu erwähnen.

Dasselbe besteht in der Hauptsache aus einer engen starken Lattung, ausgeknetetem Lehm, dem trockene Gerberlohe beigesetzt ist, und aus einem darauf gebrachten Ueberzuge von Theer, Harz und Sand. Ein derartiges Dach ist billig, aber schwierig anzufertigen, weshalb es vielfach mißglückte und jetzt ganz in Vergessenheit gekommen ist.

Mehr Glück und eine bessere Zukunft fand ein anderes Deckmaterial, welches jetzt überall unter dem Namen Theer- oder Asphalt-Pappe bekannt ist. Dieselbe hat in den letzten 15 Jahren eine große Verbreitung gefunden, da sie sich durch große Billigkeit, Dichtheit, Feuersicherheit und Dauerhaftigkeit auszeichnet, auch gestattet sie eine angenehme äußere Form und eine geringe Dachneigung. Wo die Theerpappen dennoch in Mißcredit gekommen sind, war nur ihre schlechte Qualität und Unerfahrenheit beim Eindecken schuld. In Gegenden, wo gute Fabrikate dieser Pappen und tüchtige Arbeiter zu haben sind, erfreuen sie sich des besten Rufes und der ausgebreitetsten Anwendung, nicht blos bei Oekonomie- und Fabrikgebäuden, sondern auch bei Wohngebäuden und Landhäusern.

Das Gefälle des Daches kann gering genommen werden; in der Regel erhält das Dach $\frac{1}{11}$—$\frac{1}{5}$ der Gebäudetiefe zur normalen Höhe; mehr als $\frac{1}{5}$ zu nehmen ist unvortheilhaft, weil dadurch sowohl die Deckarbeit als auch das Betreten des Daches erschwert wird.

Die Eindeckung der Theerpappe geschieht am zweckmäßigsten mit Leisten und verdeckter Nagelung (Fig. 402), welche Methode die größte

Fig. 402.



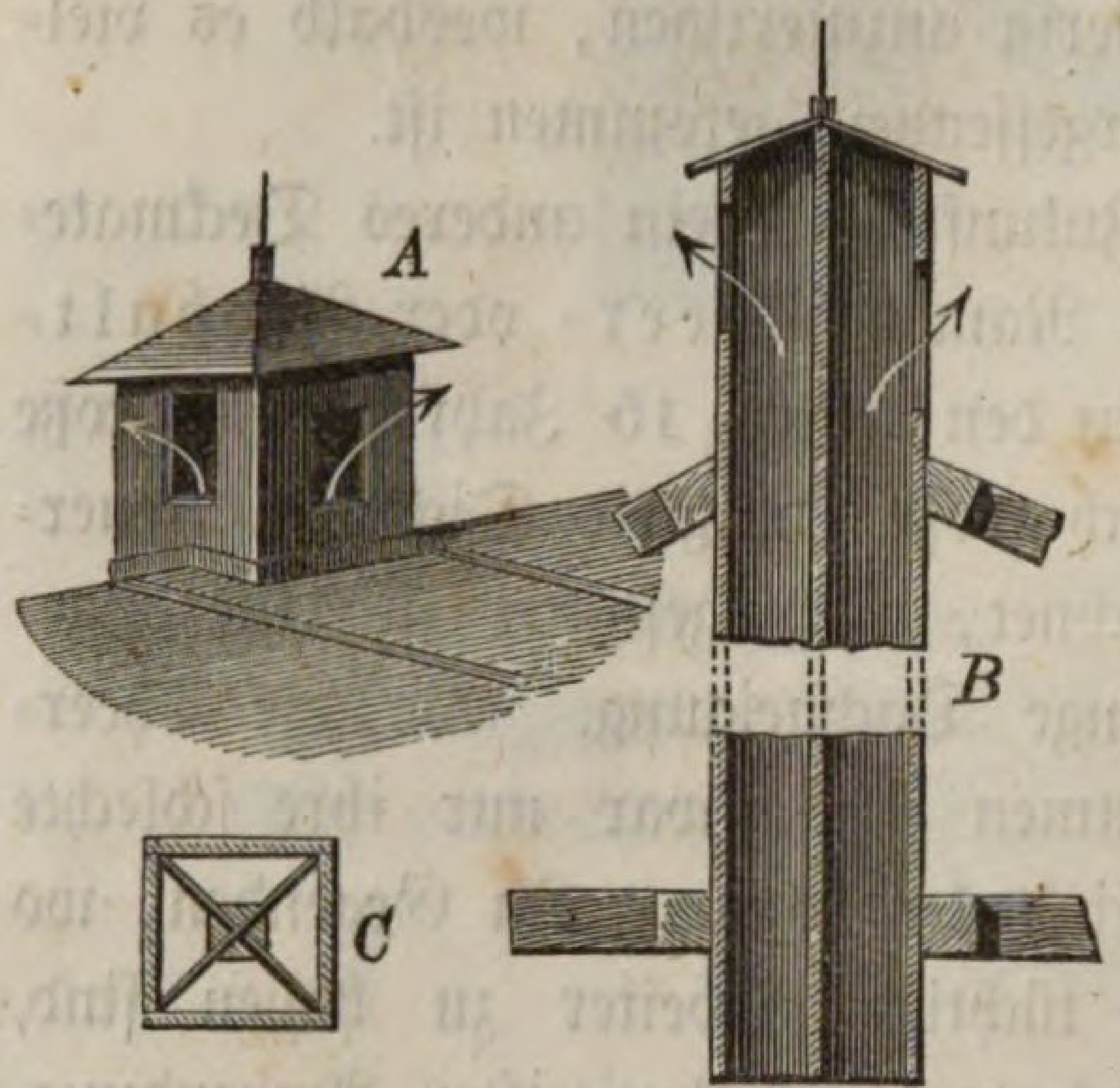
Sicherheit gegen Eindringen der Nässe und ein fast luftdichtes Dach liefert, außerdem macht es das Aufrollen der Pappen durch den Sturm unmöglich.

Wie bei jedem anderen Deckmateriale, ist auch hier die größte Aufmerksamkeit auf die Umdeckung der Schornsteine und den etwaigen

Anschluß der Dachfläche an ein anderes Gebäude oder einen Giebel zu verwenden, da es bei mangelnder Sorgfalt hier am leichtesten einregnet.

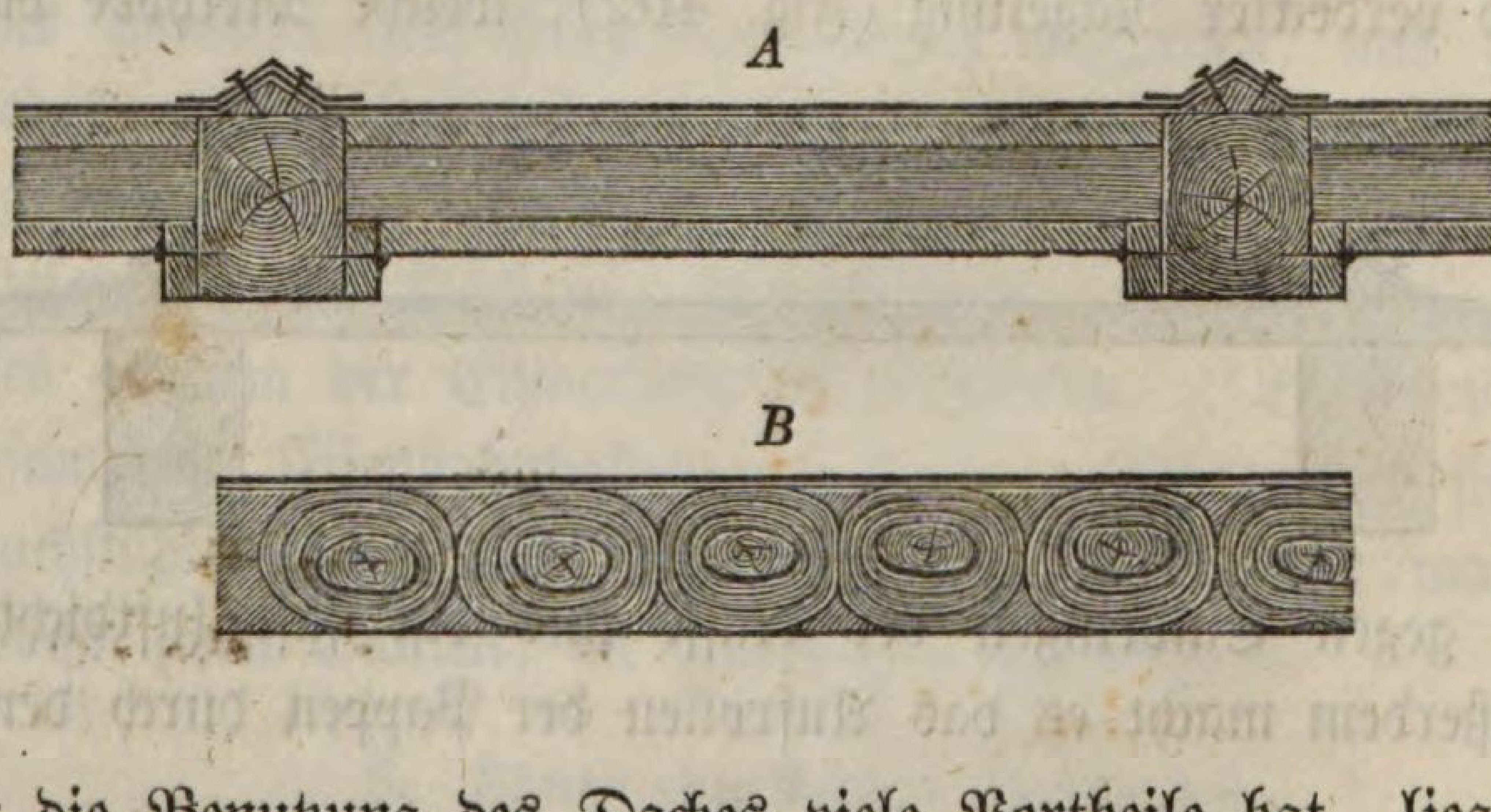
Der Uebelstand der Theerpappdächer, daß der unter ihnen eingeschlossene Bodenraum im Sommer sehr heiß wird, kann durch die Vierkantventilatoren (Fig. 403 A B und C) beseitigt werden. Dieselben bestehen aus einem Luftschacht (aus Brettern), welcher in diagonaler Richtung in 4 Abtheilungen getheilt ist, wovon jede derselben, oberhalb des Daches, nach den vier Himmelsrichtungen ausmündet. Die Scheidewände müssen an der unteren Mündung in einer Höhe endigen, damit bei allen Windrichtungen ein möglichst gleichmäßiger Luftwechsel stattfinde; an den Umfassungswänden werden, zur besseren Ventilierung, einige Luftlöcher angebracht.

Fig. 403 A—C.



Wo eine Dachschaalung zu theuer als Unterlager für die Dachpappe erscheinen sollte, da kann statt derselben ein ganzer oder halber Windelboden über, resp. zwischen den Sparren, angelegt werden. Daß ein Windelboden zwischen den Sparren, wie Fig. 404 A und B zeigt,

Fig. 404 A B.



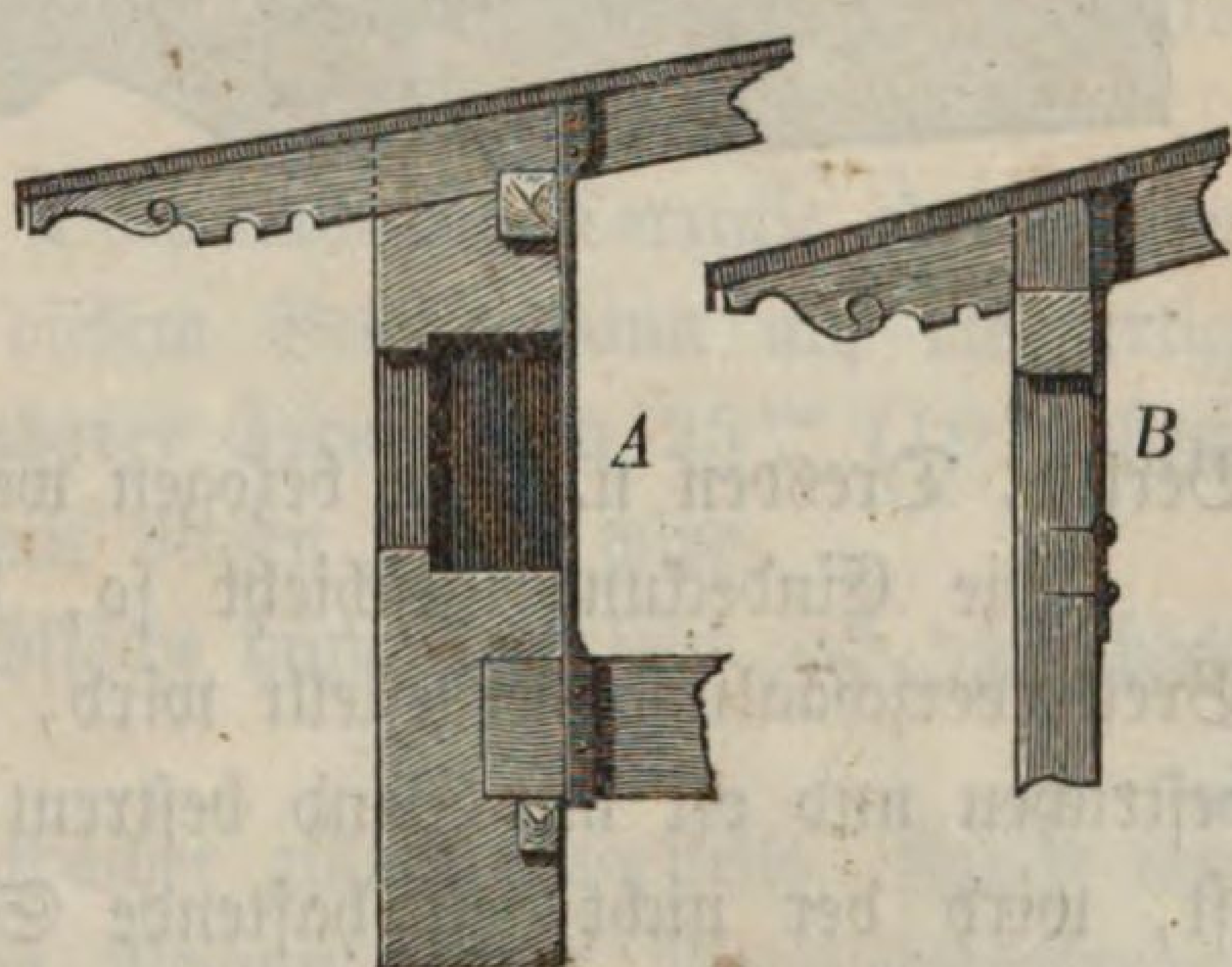
auch für die Benutzung des Daches viele Vortheile hat, liegt auf der Hand, besonders da er im Winter das Dach wärmer als eine Bretterschaalung hält. Für Oekonomie-Gebäude ist diese Methode um so mehr

zu empfehlen, da die Arbeiter auf dem Lande meistens Uebung in der Anfertigung der Windelböden haben.

Da das Deckmaterial selbst sehr leicht ist, so kann das Dachgerüst auch verhältnißmäßig leicht construirt werden, nur muß man auf einen festen Zusammenhalt der einzelnen Theile Rücksicht nehmen. Außer der hinreichenden Zangenconstruction erreicht man dies durch Nagelung resp. Verklammerung jedes einzelnen Sparrens auf dem Rahmholz der Drempelwand.

Die Holzstärken für den Dachverband und besonders für das Gespärre können so gering wie bei keinem anderen Dache gewählt werden. Man kann bei ganz leichten Gebäuden so weit gehen, daß ausschließlich Brettersparren von 16 ^{cm} (6″) Höhe und 3—4 ^{cm} ($1^1/_4$—$1^1/_2$″) Stärke verwendet werden, jedoch dürfen dieselben nur 0,5 ^{cm} (18″) weit von Mitte zu Mitte gelegt werden, wodurch, bei einer Entfernung der Pfetten von höchstens $1^3/_4$ ^{m} (6′), eine ziemliche Steifigkeit in der Dachfläche erzielt wird. Diese geringe Entfernung der Sparren gestattet auch die Verwendung von schwachen Schaalbrettern. Die große Leichtigkeit des Daches läßt, besonders wenn dasselbe über die Umfassungsmauern des Gebäudes reicht, ein Abheben durch Sturm befürchten, wenn dasselbe nicht mit größter Sorgfalt mit den Mauern resp. der Balkenlage verklammert und verankert wird. Für massive Wände ist hierzu die Construction von Fig. 405 A, für Fachwerkswände die der Fig. 405 B zu empfehlen.

Fig. 405 A B.



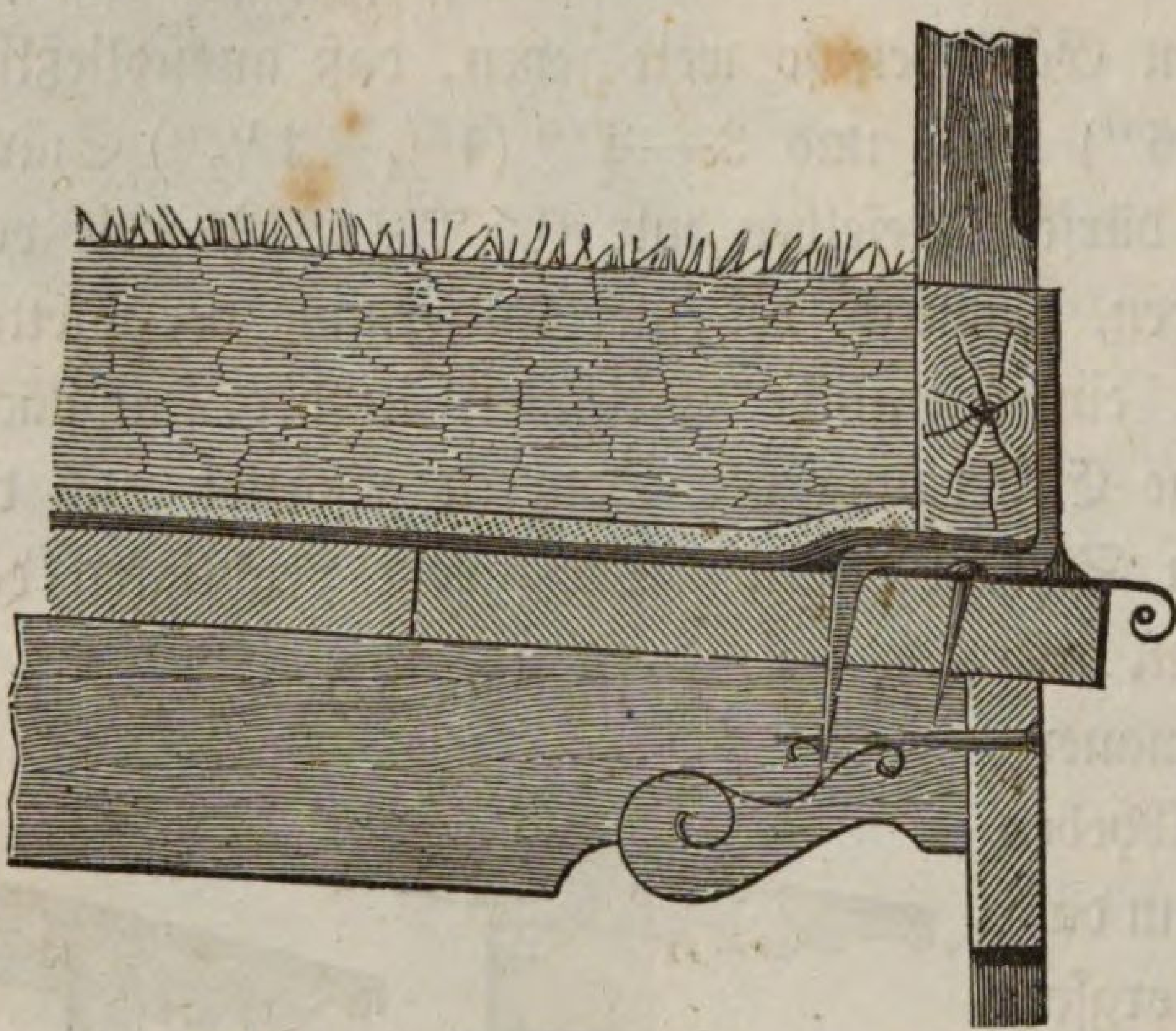
9. Holz-Cementdach und Rasendach.

Eine besondere Art flacher Dächer mit ununterbrochener Eindeckungsfläche bilden die sogenannten Rasendächer, welche namentlich in der Lausitz, in Schlesien und auch in Baiern vielfach ausgeführt wurden. Dieselben sind sehr flach (mit geringem Abfall) und ihre höchst einfache Herstellung besteht darin, daß auf die Bretter, mit denen der Dachstuhl verschaalt wurde, etwa 24 ^{cm} (9″) hoch Erde aufgetragen wird, die man dann entweder besäet oder mit frischem Rasen belegt.

Die Fugen und Ritzen zwischen den Brettern der Schaalung werden mit Bast, Rinde und Latten verstopft, welche Dichtung natürlich nur unvollkommen ist. Dieses Dach ist sehr billig und für manche Bauausführung für genügend zu betrachten.

Die Rasendächer dürften es wahrscheinlich gewesen sein, welche Carl Samuel Häusler die Veranlassung zur Erfindung des Holzcementes gaben, welches Deckmaterial neuerdings vielfach, besonders zu Neben- und Wirthschaftsgebäuden, Verwendung findet (Fig. 406).

Fig. 406.



Da der Holzcement und dessen Verwendung noch nicht überall genügend bekannt ist, so wollen wir denselben hier etwas specieller behandeln.

Die Bereitung des Holzcementes ist ein Geheimniß seines Erfinders resp. dessen Erben und kann derselbe aus der Fabrik in Hirschberg in Schlesien oder aus verschiedenen Filialen in Berlin, Dresden u. s. w. bezogen werden.

Die Eindeckung geschieht so, daß zunächst die Dachfläche durch Bretterverschaalung hergestellt wird, diese wird dann mit heißem Cement bestrichen und oft mit Sand bestreut, nachdem dieser Ueberzug getrocknet ist, wird der nicht fest haftende Sand abgekratzt und dann ein ebensolcher Anstrich aufgetragen und ebenfalls mit Sand bestreut. Häufig ersetzt man diese beiden Anstriche durch eine $^1/_2{}^{cm}$ ($^1/_4{}''$) starke Schicht feinkörnigen Sand oder einen anderen unverbrennbaren Stoff. Auch kann man nur einen Anstrich machen und an Stelle des zweiten nur Sand aufschütten.

Nun wird ein festes, möglichst breites (etwa $1^1/_4$—$1^1/_2{}^m$ [4—5']) Ellenpapier über das ganze Dach ausgebreitet und dieses mit Cement bestrichen. Nachdem vier bis sechs solche Papierschichten auf einander gebracht sind, wird auf die letzte wiederum Sand oder Steinkohlenasche

gebracht und in die weiche Masse fest eingedrückt. Schließlich bringt man noch eine 4 cm ($1\frac{1}{2}''$) dicke Schicht von feinem Sand, untermischt mit $\frac{1}{3}$ trockenen und gesiebten Lehm, auf, breitet dieselbe mit einem Rechen und einer Krücke gleichmäßig aus, feuchtet sie an und ebnet und glättet mit einer hölzernen Walze.

Zur Begrenzung der verschiedenen Dachschichten müssen die Ständer mit senkrecht zur Dachfläche stehenden Einfassungen, am besten aus Metall, versehen werden. In diesen Einfassungen müssen zahlreiche Oeffnungen, welche das Abfließen des Regenwassers nach den Dachrinnen ermöglichen, vorhanden sein.

Aus dem Gesagten erhellt schon, daß diese Dächer vollkommen feuersicher sind und daß sie, in gutem Zustande, wasserdicht bleiben.

Die Baukosten eines Cementdaches sind verhältnißmäßig billig.

Die Befürchtung, daß die Lokalitäten unter einem Cementdache kalt seien, ist durchaus nicht begründet, um so weniger wird dies der Fall sein, wenn noch eine berohrte Decke angebracht wird.

Die Instandhaltung der Cementdächer ist leichter, als die jedes anderen Daches, denn es kommt hauptsächlich nur darauf an, die oberste Schicht immer gleichmäßig und genügend stark zu erhalten. Die Bedachung wird sogar mehr und mehr an Festigkeit zunehmen, je stärker die oberste Schicht wird.

Auf Wunsch kann ein solches Dach auch als Terrasse oder Garten hergerichtet werden, es wird zu diesem Behufe dann auf die fertige Eindeckung noch eine Schicht fruchtbarer Erde, etwa 25 cm ($10''$) hoch, gebracht, welche dann besäet und mit Rasen belegt wird.

Die Neigung der ganzen Dachfläche muß flach sein und darf höchstens 1 : 16 betragen.

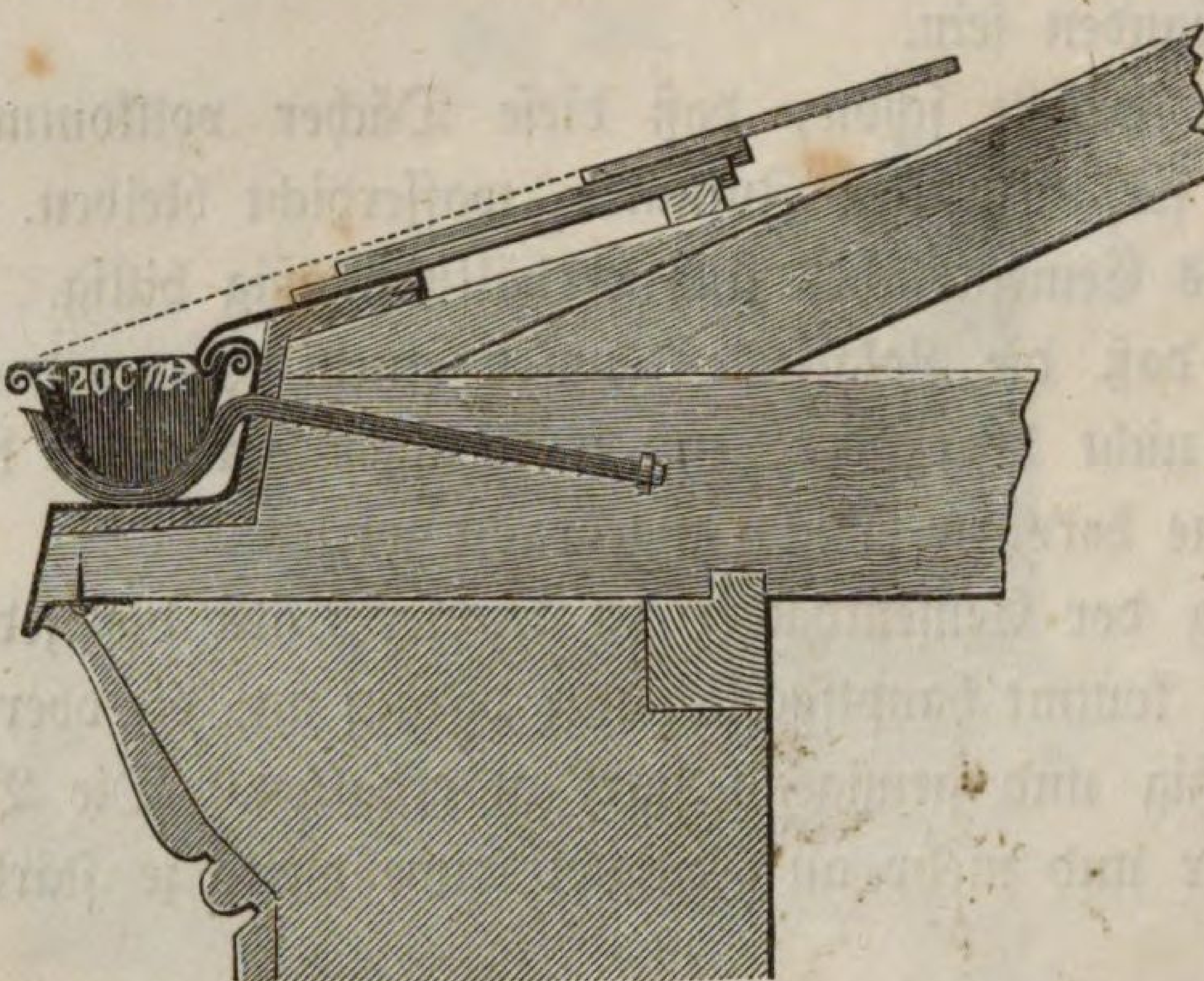
Alle Eigenschaften der Cementdächer zusammengestellt, finden wir, daß sie in Bezug auf ihre geringe Neigung allen Metalleindeckungen gleichkommen, nicht so theuer sind und daß sie den Dachboden vor Kälte und Hitze schützen sowie zu Terrassen und Gärtchen benutzt werden können.

Rinnen und Abfallröhren.

Die Rinnen und Abfallröhren sind die letzten Arbeiten an dem Aeußern der Gebäude, doch muß deren Anlage gleichwohl alle Aufmerksamkeit geschenkt werden, da schlechte Ausführungen einen sehr schädlichen Einfluß der Nässe auf die Gebäude herbeiführen.

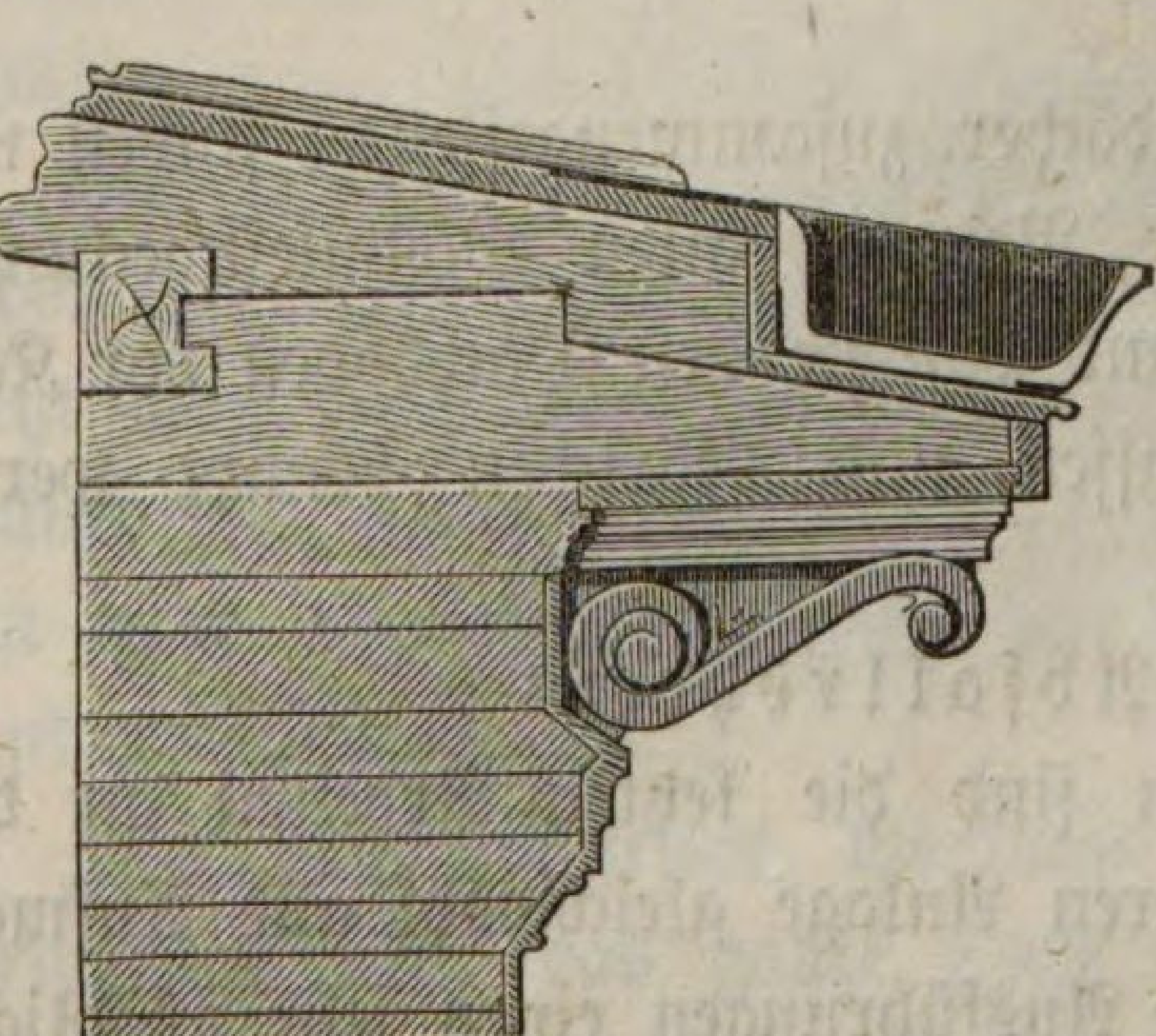
Die Ausgußrinnen, welche bei den altdeutschen oder gothischen Gebäuden das Wasser ohne Abfallrinnen direct aus der Dachrinne auf die Straße leiteten, sind polizeilich verboten. Nicht zu läugnen ist indessen, daß die Dachrinnen der Griechen, wobei das oberste Gesimsglied ebenfalls die Rinnleiste bildet und welches zugleich mit Löwenköpfen versehen war, im Mittelalter mit Ausgußschnäbeln, hübsche architectonische Motive giebt.

Fig. 407.



Am zweckmäßigsten ordnet man die Rinne über den Traufschichten auf der Dachfläche so an, daß ihr einer Längenrand von dem Bedachungsmateriale gehörig überdeckt wird (Fig. 407.) Die Rinne muß in ihrem Laufe nach dem Abfallrohre ein geringes Gefälle erhalten. In Entfernung von je 1 bis $1\frac{1}{4}$ m (3 — 4′) wird sie durch einen wohlbefestigten starken eisernen Haken, der sie bis zum obersten Rande umfaßt, gehalten.

Fig. 408.



Man kann aber auch die Dachrinne im Hauptgesims selbst verbergen, indem man das untere Glied, auch Sima genannt, hohl macht und seiner eigentlichen Bestimmung gemäß benutzt (Fig. 408). Soll des nöthigen Gefälles und einer soliden Construction wegen die Rinne selbst das Gesimsglied bilden, so verfährt man wie Fig. 409 zeigt. Für hölzerne Hauptgesimse, die neuerdings viel gebaut werden, sind die beiden letzt-

genannten Constructionen nicht zu empfehlen, da hierbei jede Undichtheit die übelsten Folgen für das Gesims haben würde.

Fig. 409.

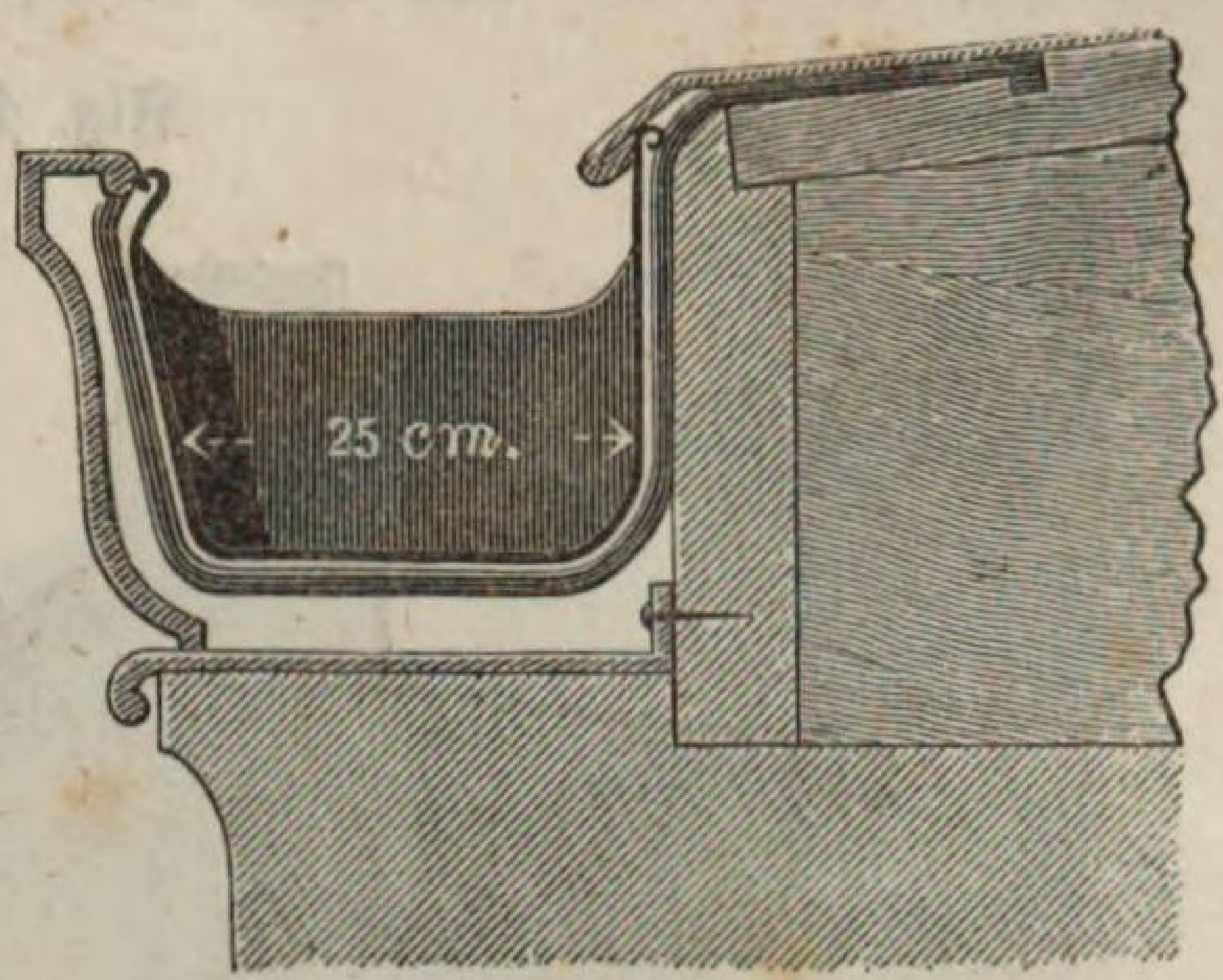
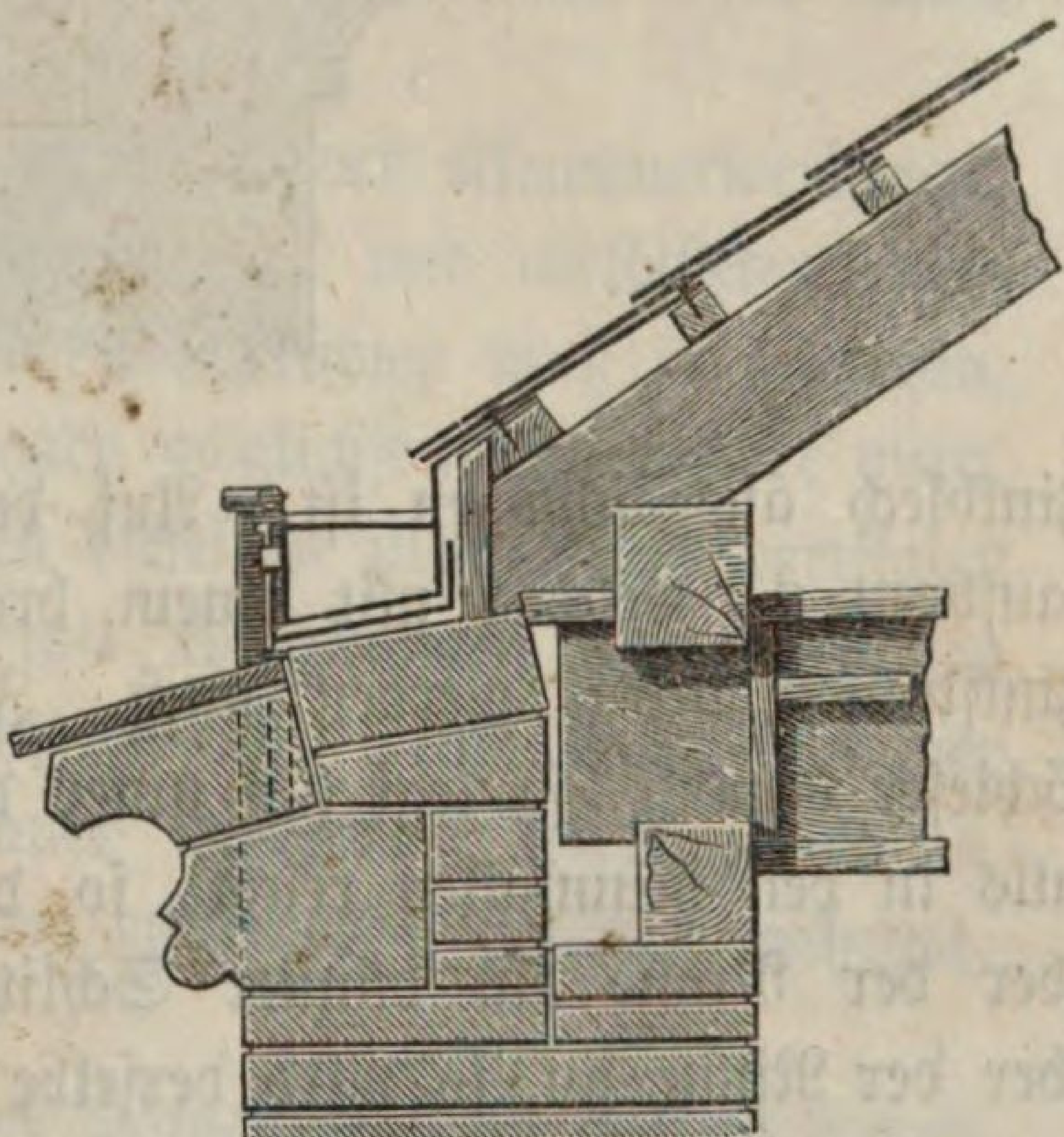


Fig. 410.



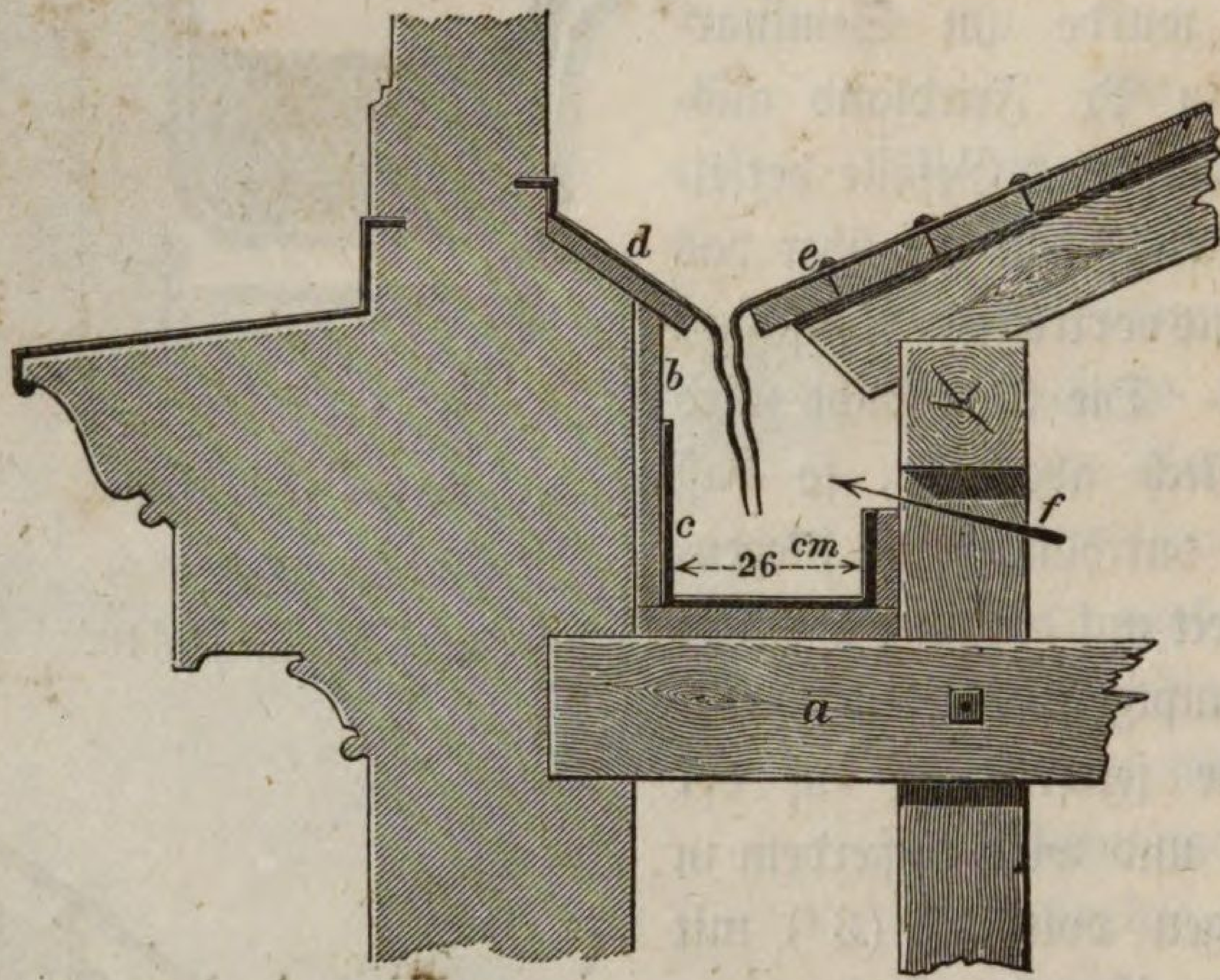
Eine vortreffliche Rinnenconstruction theilt Herr Baumeister Vogdt in der „deutschen Bauzeitung" mit. Fig. 410 zeigt dieselbe, sie wurde am Seminar-Gebäude in Pr. Friedland ausgeführt. Für das Gefälle derselben (1 : 120) dient die über das Hauptgesims vortretende Rollschicht als Lehne. Die Rollschicht wird mit Zinkblech abgedeckt, so daß das etwa durchdringende Regenwasser direct auf das mit Schiefer bedeckte Hauptgesims geleitet wird. Die Rinne selbst liegt auf der Rollschicht und wird außerdem in Entfernungen von 1^{m} (3') mit starken Rinneisen und Haftern zusammengehalten resp. mit der Mauer verankert. Der Boden der Rinne erhält hierdurch ein vollständig ebenes Auflager, sodaß man sowohl ein gutes gleichmäßiges Gefälle erlangt, als auch das Betreten der Rinne vollständig unschädlich gemacht wird.

Befindet sich auf dem Hauptgesimse noch eine Aufmauerung, eine sogenannte Attike, so verursacht die Anlage der Dachrinnen ungemeine Schwierigkeiten. Hinter derselben sammelt sich Schnee und Regen, dessen Abführung nur langsam geschieht, so daß die Nässe oft in die Umfassungsmauern, selbst in die Zimmerdecken zieht und so eine Zerstörung der Mauern und des Holzwerkes herbeiführt.

Diese Uebelstände können einzig durch die Anordnung der sogenannten Knoblauch'schen Rinne (Fig. 411) vermieden werden. Fast durchgängig wird ein Kniestock angeordnet, so daß, bei Anwendung der

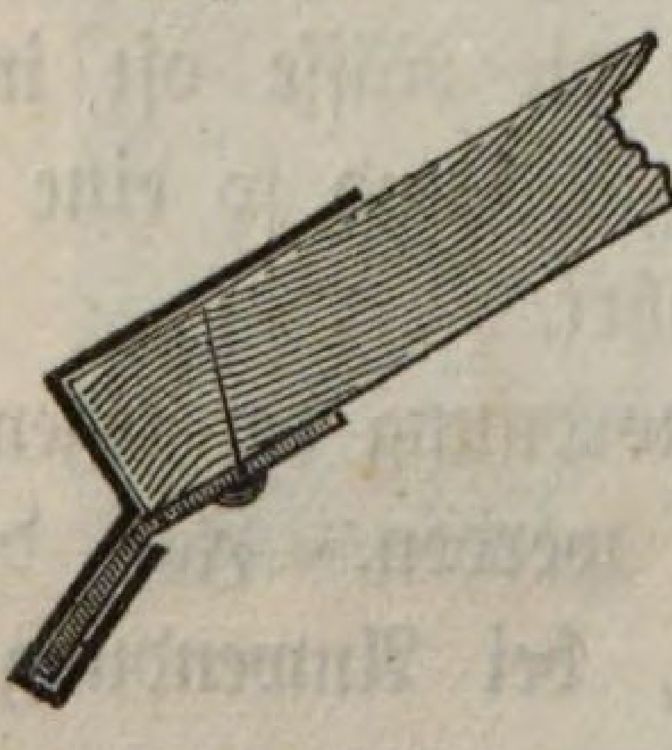
genannten Rinne, die Drempelwand cr. $\frac{1}{3}$ m (1') von der Umfassungsmauer entfernt bleibt; auf dieser Drempelwand ruhen die Sparren. Zwischen der Umfassungsmauer, der Drempelwand und der Zange a des Kniestockes wird ein Bretterkasten b angeordnet, der mit gutem

Fig. 411.



Zinkblech ausgeschlagen ist. Auf der Umfassungsmauer ruht nun ein Laufbrett d, welches mit einem breiten, in die Rinne hineinlaufenden Zinkstreifen belegt werden muß. Ist nun z. B. die Bedachung durch Schiefer bewirkt, so legt sich unter dasselbe ein Zinkstreifen e, der ebenfalls in den Rinnkasten reicht, so daß zwischen den beiden Blechstreifen über der Rinne ein dünner Schlitz entsteht. Häuft sich nun Schnee über der Rinne an, so wird derselbe durch die wärmere Luft des Bodenraumes, welche durch die Oeffnung f in den Rinnkasten dringt, von unten geschmolzen und tröpfelt in die Rinne, durch welche das Wasser abgeführt wird.

Fig. 412.

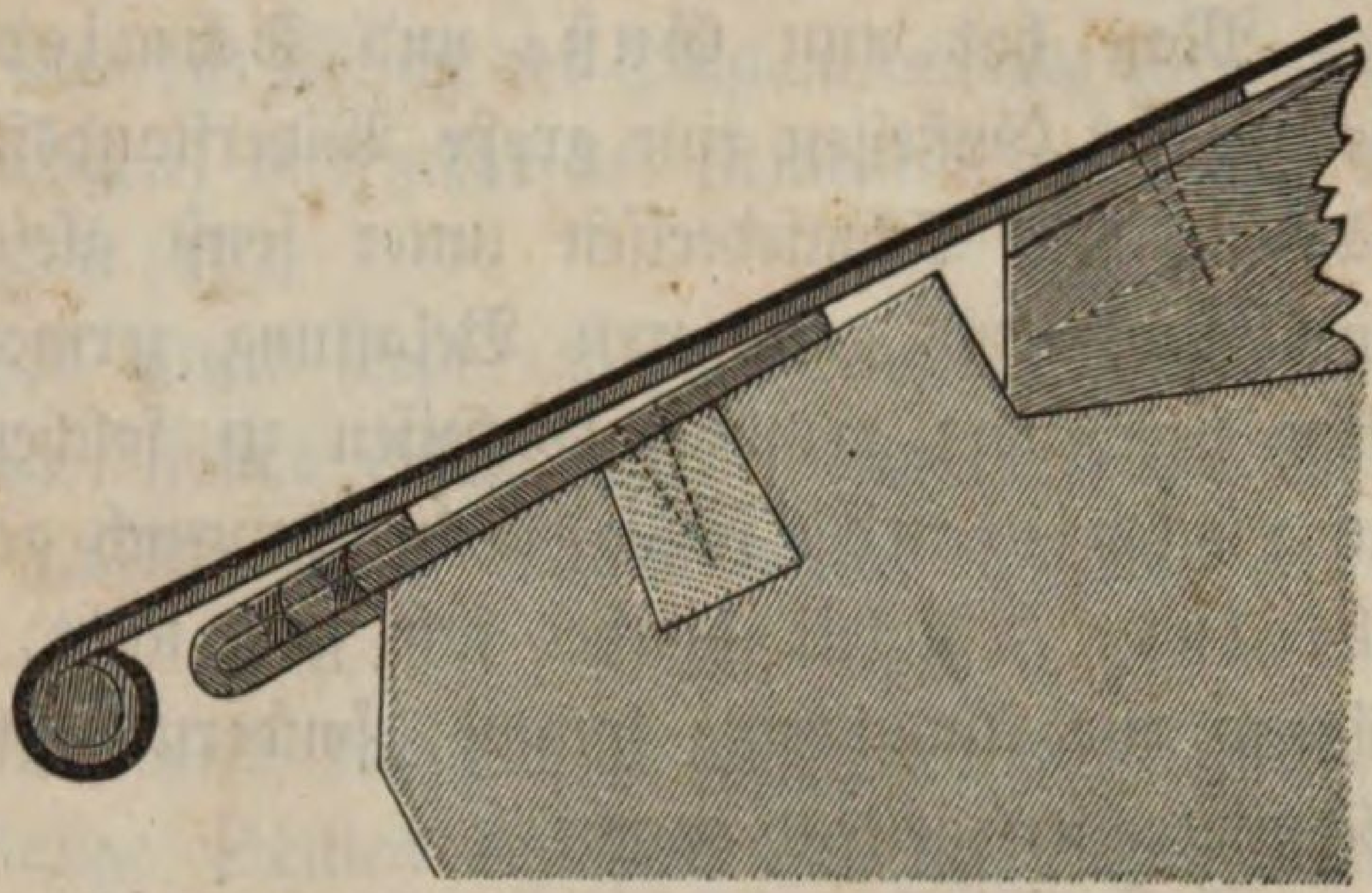


Für Zinkbedachung geben wir in Fig. 412 die einfachste Art der Anordnung des Dachsaumes, wobei eine Wassernase zum Abtröpfeln entsteht.

Soll der Dachsaum zugleich in ein Gesims übergehen, und ist dieses gemauert, so wird gewöhnlich die Dachtraufe über oder hinter der

äußeren Contur des Gesimses fortlaufen und sodann der Saum des Hauptgesimses mit einem starken Blechstreifen abgedeckt (Fig. 413). Das untere dieser beiden Saumbleche wird in 16 cm (6") breite Tafeln geschnitten und mit Schrauben, in Entfernungen von 16 zu 16 cm (6 zu 6"), möglichst weit an der äußeren Linie des Gesimses, an eingegossenen Bleiklötzchen befestigt. Auf diesen Streifen kommt ein zweiter, der oberhalb an die Verschaalung genagelt, unten aber um einen Eisendraht gerollt und mit kupfernen Niethen mit dem ersten Saumbleche verbunden wird.

Fig. 413.



Die Abfallröhren selbst werden zuvor in der Klempnerwerkstätte, aus einzelnen der Länge nach zusammengebogenen und verlötheten Zinkblechen, hergestellt. Die Anordnung der Abfallrinnen muß so geschehen, daß dadurch die Regelmäßigkeit der Façade möglichst wenig gestört wird, indem man z. B. bei mehreren Röhren dieselben zugleich als vertikales Abfallungsmittel einer glatten, nicht mit Vorsprüngen und Rücklagen versehenen Gebäudefronte benutzt. Gut ist es, wenn das Rohr der ganzen Höhe nach vertieft in der Mauer angebracht wird, jedoch so, daß die vordere Seite freiliegt, um etwa entstehende Schäden wahrnehmen und ausbessern zu können.

Die Befestigung der Röhren an der Mauer geschieht mittels Schelleisen; sie erhalten durchschnittlich pro 6—7 □m (60—70 □') Horizontalprojection der Dachfläche einen Querschnitt von 7 □m (1 □"). Auch sollen die Röhren möglichst wenig Biegungen erhalten.

IV. Abtheilung.

Construction in Eisen.

Das Eisen kam erst im vorigen Jahrhundert als Baumaterial zur Verwendung, und zwar zuerst in England, wo es im Jahre 1775 zur

Bildung einzelner Bogenstücke benutzt wurde. Ungefähr 20 Jahre später wurde auch in Deutschland (in Zaara in Niederschlesien) die erste Brücke aus Eisen gebaut. In neuerer Zeit werden die Bauten mit Eisenconstructionen überall und häufig zur Ausführung gebracht.

Man hat nun Guß- und Schmiedeeisen zu unterscheiden, wovon das Gußeisen eine große Widerstandsfähigkeit gegen Druck besitzt, während das Schmiedeeisen unter sonst gleichen Umständen, schon bei einer bedeutend geringeren Belastung zermalmt resp. zerknickt wird. Man verwendet demnach Gußeisen zu solchen Constructionstheilen, die auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen werden, weil die absolute Festigkeit hierbei fast gar nicht, die relative nur ungenügend zur Ausnutzung kommt, sondern letztere sich hauptsächlich beim Schmiedeeisen geltend macht.

Aus Gußeisen fertigt man also: Säulen, Bogenstücke, Streben, Schuhe, Flansche und wohl auch Träger; aus Schmiedeeisen: Tragbalken von verschiedenen Querschnitten, Zugstangen, Nieten, Bolzen 2c.

Man hat ferner solche Constructionstheile, welche freischwebend die auf ihnen ruhende Belastung auf die Endstützen übertragen, von denen zu unterscheiden, welche, in senkrechter oder geneigter Lage, die Last unmittelbar in der Richtung ihrer Längenachse aufnehmen. Zur ersteren Gattung gehören hauptsächlich die Tragbalken, welche auf relative Festigkeit, also auf Durchbiegen in Anspruch genommen werden. Zur letzteren Art sind sämmtliche Gußstücke, bei denen die rückwirkende Festigkeit zur Geltung kommt, also Säulen und Stützen, zu zählen.

Die Stützen.

Durch die Gußfähigkeit des Roheisens wird die Bildung bestimmter, den technischen Anforderungen entsprechender Formen sehr erleichtert, so daß die stützenden Theile, ohne erhebliche Schwierigkeiten beim Gusse zu verursachen, jede beliebige Querschnittsfläche erhalten können.

Diese Eigenschaft der Gußfähigkeit gewährt aber auch, neben der leichten Formenbildung, den großen Vortheil, daß sich die Materialmasse bei einem Constructionsstücke beliebig vertheilen läßt, wodurch man also im Stande ist, mit dem geringsten Aufwande an Material, Stücke von bestimmter Festigkeit darzustellen, oder eine bestimmte Materialmasse, je nach den Anforderungen, am zweckmäßigsten zu verwerthen. So gießt man z. B. eiserne Säulen hohl, da dieselbe Masse an Mate-

rial, wenn sie auf einen hohlen Cylinder vertheilt ist, ungefähr die vierfache Tragfähigkeit besitzt als bei einer Verwendung zur vollen Säule. Es verhält sich alsdann die Tragfähigkeit der hohlen gußeisernen Säule zur vollen, wie 4 : 1.

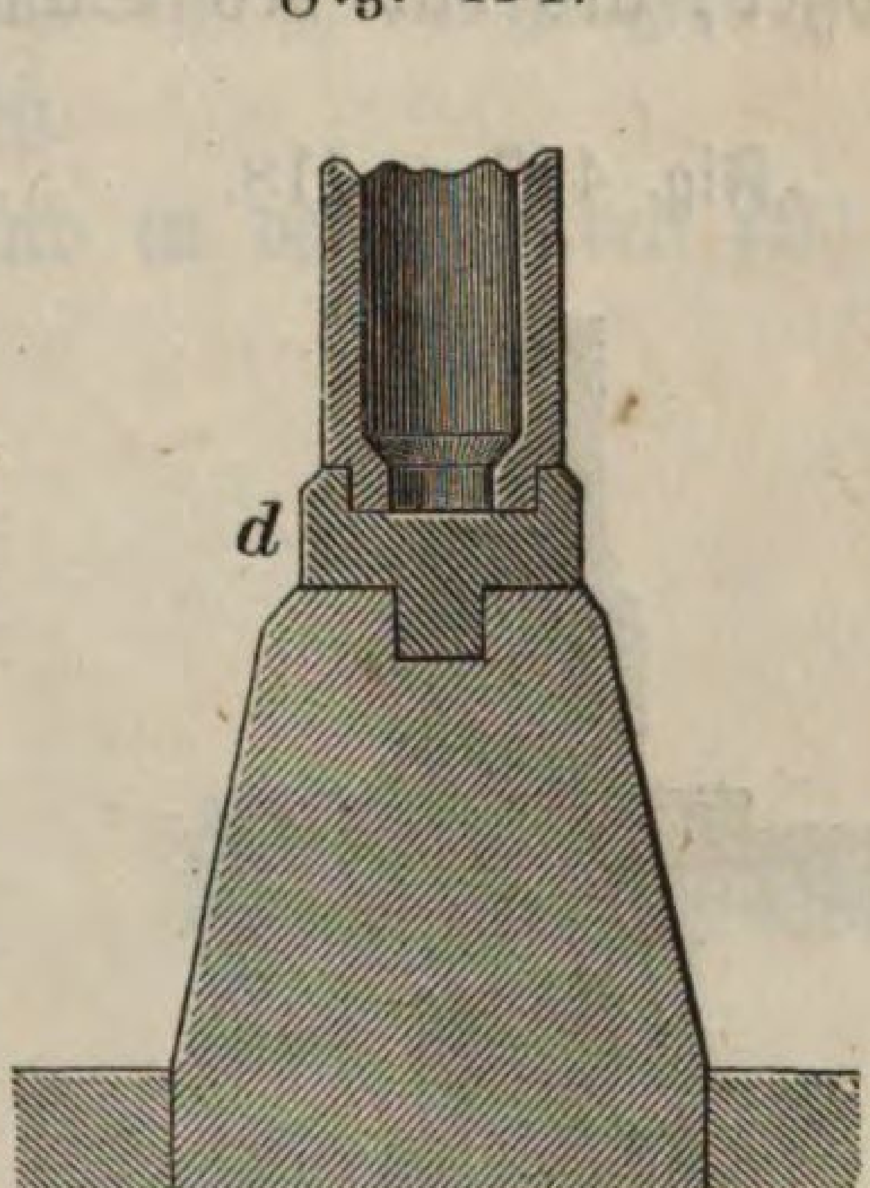
In der Regel pflegt das Verhältniß der Säulenwandung zum ganzen Durchmesser 1 : 9 zu betragen, und zwar bei kleinem Durchmesser 2 cm (3/4"), bei größerem 2 1/4 cm (1").

Die Säule selbst hat einen Kopf (Kapitäl), um die Belastung besser aufnehmen zu können, sowie einen angegossenen Fuß mit breiten Rändern, um durch die größere Basis das Umkanten möglichst zu verhindern.

In den meisten Fällen wird der Schaft mit dem Kopf und Fuß zusammengegossen; nur lange Säulen bestehen aus mehreren Stücken, welche zusammengesetzt und mit Flanschen verbolzt werden. Bei diesen Verbindungen muß darauf geachtet werden, daß der Druck auf die vollen Wandungen übertragen wird und, daß die einzelnen Theile gegen seitliches Verschieben gesichert sind.

Die sichere, feste Verbindung des Säulenschaftes resp. Fußes mit dem Fundamente ist mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Die einfachste Anordnung dieser Art zeigt Fig. 414, wobei sich die Säulenbasis auf ein gußeisernes Lager (a), welches mittels eines Zapfens in einen Sandstein oder Granitblock eingelassen ist, setzt. Der Rand des Lagers verhindert das Ausgleiten der Säule. Selbstverständlich muß der Granit- oder Sandsteinsockel gehörig fundamentirt sein, denn das geringste Setzen desselben würde die übelsten Folgen haben. Dieserhalb sind die Fundamente aus Werksteinen oder aus hartgebrannten Steinen in Cementmörtel anzulegen.

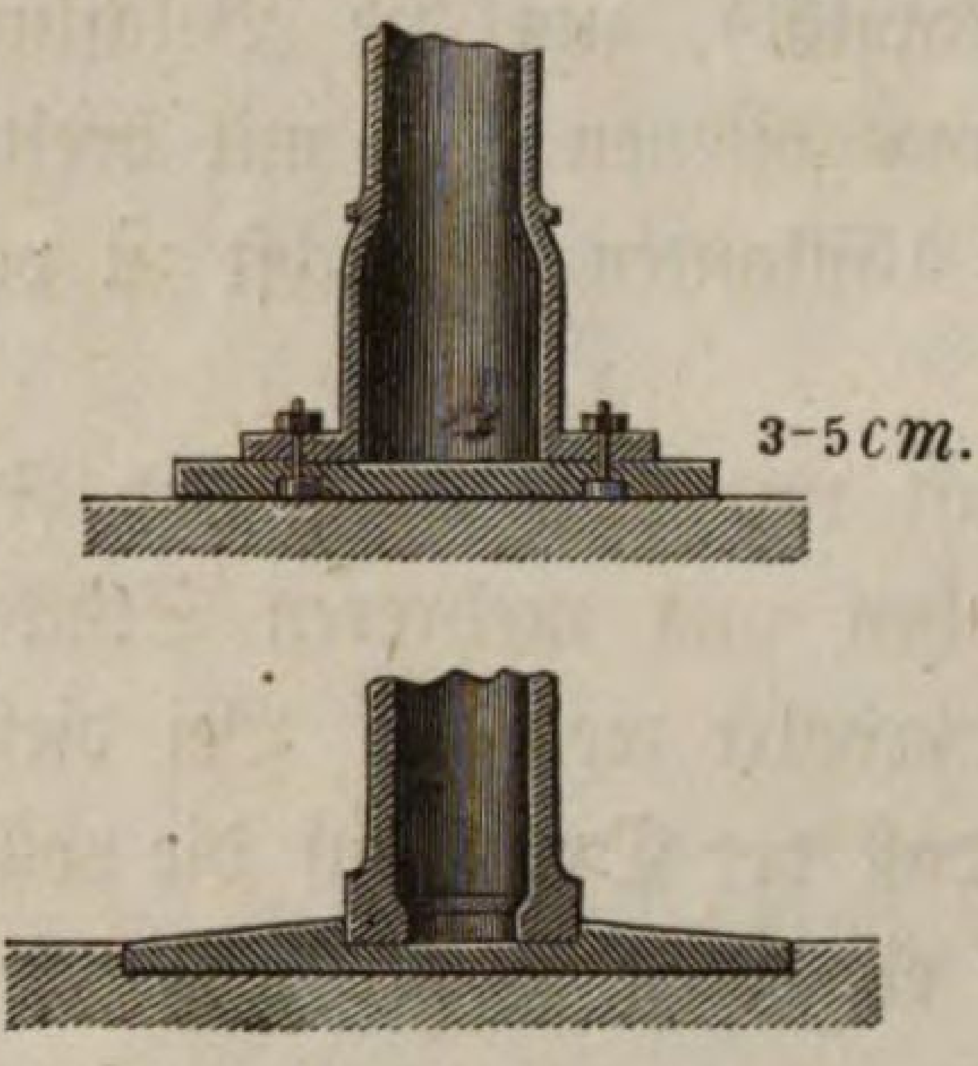
Fig. 414.



Nur dann ist obige Construction zulässig, wenn der Sockel aus natürlichem Stein von beträchtlicher Festigkeit besteht, sollen aber die Säulen auf Mauerwerk oder Pfeiler aus künstlichen Steinen zu stehen kommen, so wird eine breite Basis oder Aufnahmeplatte erforderlich, um den starken Druck auf das Auflager gleichmäßig zu vertheilen.

Die Verbindung dieser Aufnahmeplatte mit dem Fundamente kann auf verschiedene Weise geschehen und richtet sich nach der Höhe der Säule, der darauf ruhenden Belastung und nach der Gefahr, die für das Durchbiegen des Säulenschaftes vorliegt. Die Verbindung Fig. 415 ist wenig zuverlässig, denn wenn auch die Platte eine beträchtliche Ausdehnung hat, so sichert sie die Säule nur gegen das Verschieben, nicht aber gegen das Umkippen. Es wäre diese Construction also nur bei kurzen Säulen, besonders, wenn diese stark belastet sind, zu empfehlen.

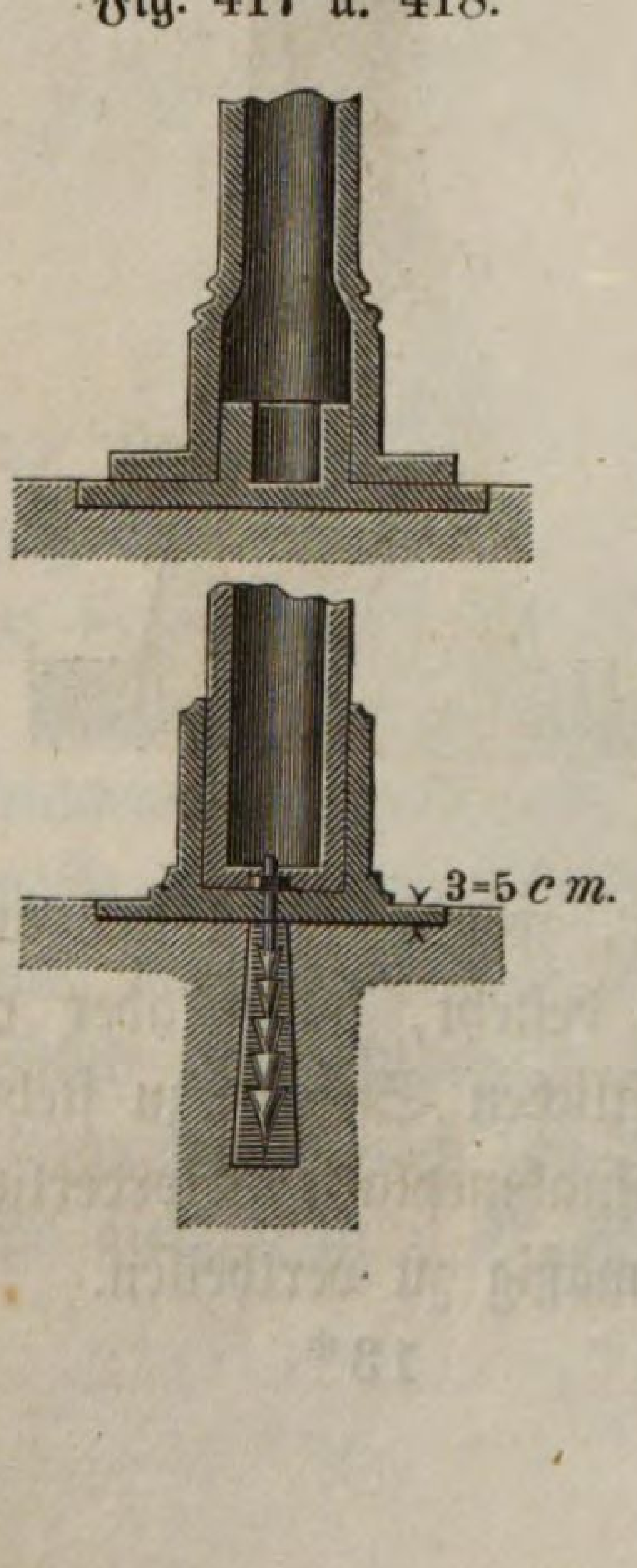
Fig. 415 u. 416.



Längere Säulen müssen möglichst einen angegossenen Flansch mit Versteifungsrippen erhalten, dieser wird mit der Aufnahme-Bodenplatte, besonders, wenn letztere keinen Rand hat, verbolzt (Fig. 416), wodurch das Verschieben unmöglich wird.

Befinden sich jedoch an der Bodenplatte angegossene Ränder, so ist hierdurch der sichere Stand des Säulenfußes schon eher gesichert. In diesem Falle muß auch das innere lichte Maß des Säulenfußes größer, als das des Schaftes sein (Fig. 417).

Fig. 417 u. 418.

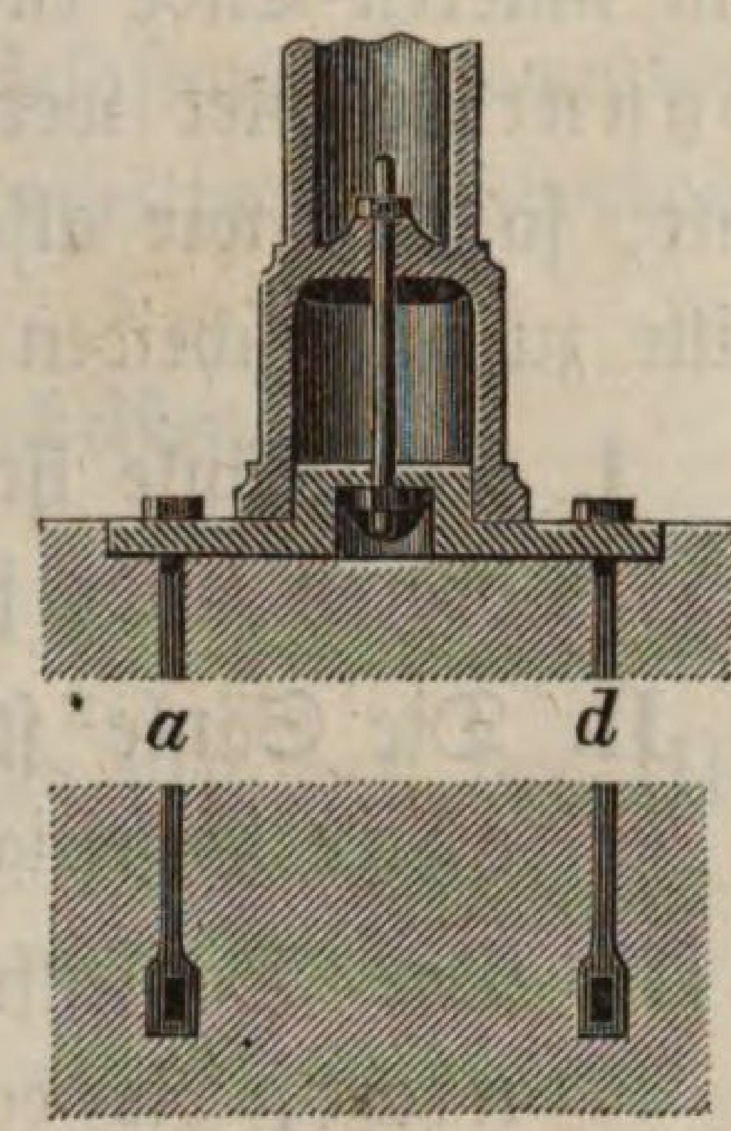


Diejenigen Säulen, die bei großer Belastung eine beträchtliche Länge haben, müssen mit dem Fundamente stets in inniger Verbindung stehen, was am besten durch Verankerung erreicht wird. Die Verankerung durch Grundbolzen (Fig. 418), welche in dem Fundamente nur mit Blei vergossen sind, taugt am wenigsten. Schon wesentlich besser ist die Construction Fig. 419, bei der die Bolzen a mindestens 1—$1\frac{1}{4}^{m}$ (3—4′) lang sind und außerdem an den Enden noch durch horizontal liegende Splinte gehalten werden.

Verbindet man die Säule gehörig mit der Aufnahmeplatte, wie Fig. 419 zeigt, so ist sie als vollkommen fest eingespannt zu betrachten.

Anstatt eines Grundbolzens können auch zwei und mehr an den Ecken der Platte, falls diese eine größere Ausdehnung hat, angebracht werden. Selbstredend lassen sich die beiden beschriebenen Verankerungen auch bei den Bodenplatten in Fig. 416 und 417 benutzen. Die Verbindung der Säule mit der Aufnahmeplatte in Fig. 418 ist sehr zu empfehlen, besonders, da die schon angegossenen Ränder die Säule so umschließen, daß die beiden Theile so zu betrachten sind, als seien sie aus einem Stück gegossen.

Fig. 419.



Häufig kommt es im Hochbau vor, daß mehrere neben einander liegende eiserne Balken von zwei oder drei neben einander stehenden Säulen unterstützt werden müssen. Diese Anordnung findet man besonders beim Abstützen der Frontmauern und zwar vorzugsweise bei Schaufenster-Anlagen. Der großen Belastung wegen, und um den Trägern ein hinreichendes Auflager zu verschaffen, sind hier mehrere Säulen zur Unterstützung nöthig. Diese werden dann, wie Fig. 420 zeigt, auf eine gemeinschaftliche, gehörig fundirte und verankerte Bodenplatte gestellt. Die Säulenschäfte verbindet (kuppelt) man, zum besseren gegenseitigen Halte, zwei bis dreimal in ihrer ganzen Höhe. Fig. 421 zeigt hierzu den Grund- und Aufriß.

Weitere Anwendungen eiserner Säulen sind in den Figuren 491—496, 508—514 und 525—531 gegeben.

Fig. 420.

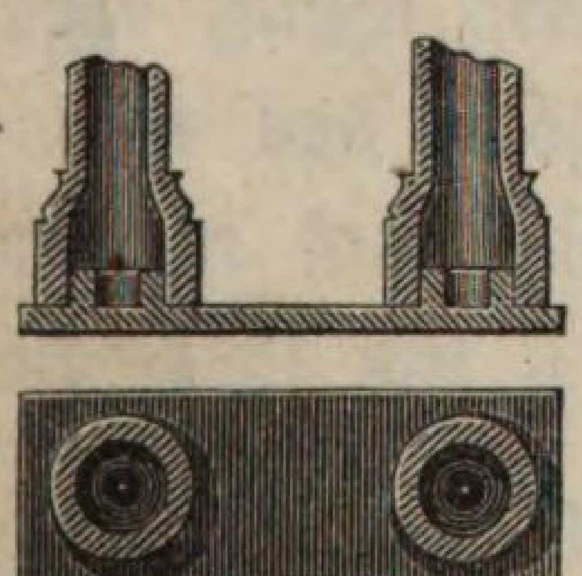
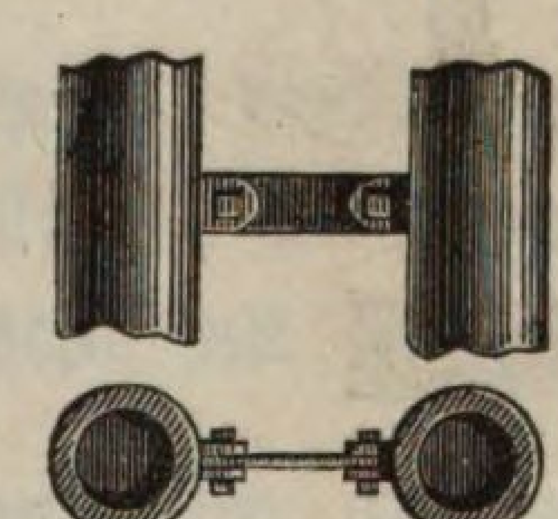


Fig. 421.



Berechnung der gußeisernen Säulen.

Eine Säule kann entweder geknickt, also durchgebogen, oder zerdrückt resp. zermalmt werden.

Im Hochbau liegt hauptsächlich die Befürchtung für den ersten Fall vor, weshalb auch das Verhältniß der Säulenhöhe zum untern Durchmesser 15 : 1 beträgt.

Je nach der Befestigung des Sockels mit dem Fundamente und der des Säulenkopfes mit den Trägern, sowie je nach der Länge der Säulen ist das Tragvermögen der Stütze, unter sonst gleichen Umständen, sehr verschieden.

Wie schon aus Fig. 414 — 419 ersichtlich, können die Säulen mit dem unteren Ende entweder als *freistehend* oder als *fest eingespannt* erachtet werden; dasselbe findet auch mit dem oberen Ende statt, so daß wir also, nach der Befestigungsweise, folgende wesentliche Fälle zu unterscheiden haben:

I. Die Säule ist am unteren Ende *fest eingespannt*, mit dem oberen Ende jedoch nicht (Fig. 422).

II. Die Säule steht mit dem Fuße *frei auf* und ist am Kopfe *ohne* Befestigung (Fig. 423).

III. Der Säulenfuß ist *fest eingespannt*, *der Kopf aber nicht*, die beiden Endpunkte der Säule bleiben aber normal (Fig. 424).

IV. Die Säule ist an *beiden* Enden *fest eingespannt*, und die Enden bleiben normal (Fig. 425).

Fig. 422.



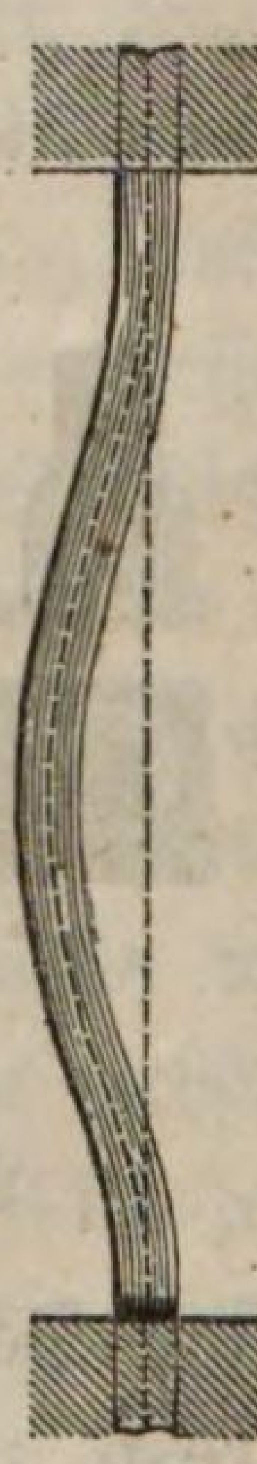
Fig. 423.



Fig. 424.



Fig. 425.



Betrachtet man bei der Untersuchung über die Biegung belasteter Stützen die entsprechende Krümmungslinie als eine *elastische* Linie, so erhalten wir als Maximal-Belastung:

für den Fall I $P = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{E\,J}{l^2} = 2{,}467 \cdot \frac{E\,J}{l^2} = \frac{5}{2} \cdot \frac{E\,J}{l^2}$,

" " " II $P = 10 \frac{E\,J}{l^2}$,

" " " III $P = 20 \frac{E\,J}{l^2}$,

" " " IV $P = 40 \frac{E\,J}{l^2}$.

Da jedoch die ganze Maximal-Belastung den Bruch verursachen würde, so darf der Säule nur eine bestimmte Belastung zugemuthet werden, und zwar pflegt man beim Gußeisen eine sechsfache Sicherheit anzunehmen.

Demnach müßte obige Formel für den Fall I heißen:

$$P = \frac{1}{6} \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{E\,J}{l^2}.$$

Bei den Eisenconstructionen des Hochbaues wird meistens der III. Fall vorkommen, also bei sechsfacher Sicherheit:

$$P = \frac{1}{6} \cdot 20 \cdot \frac{E\,J}{l^2}.$$

In den gegebenen Gleichungen bedeutet:

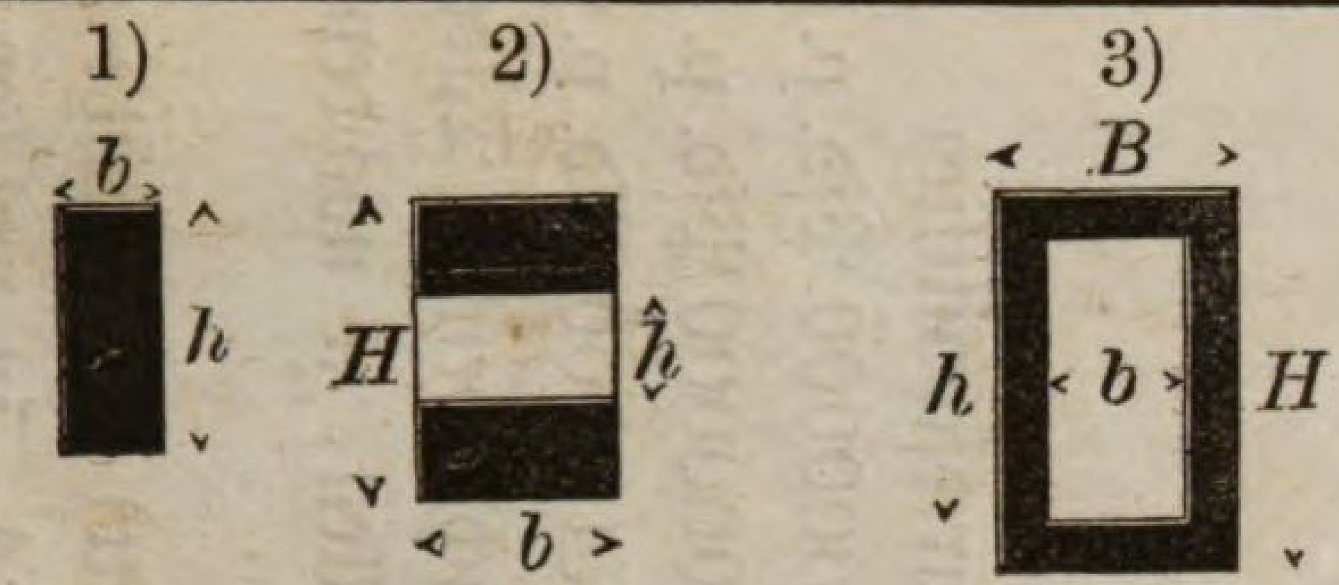
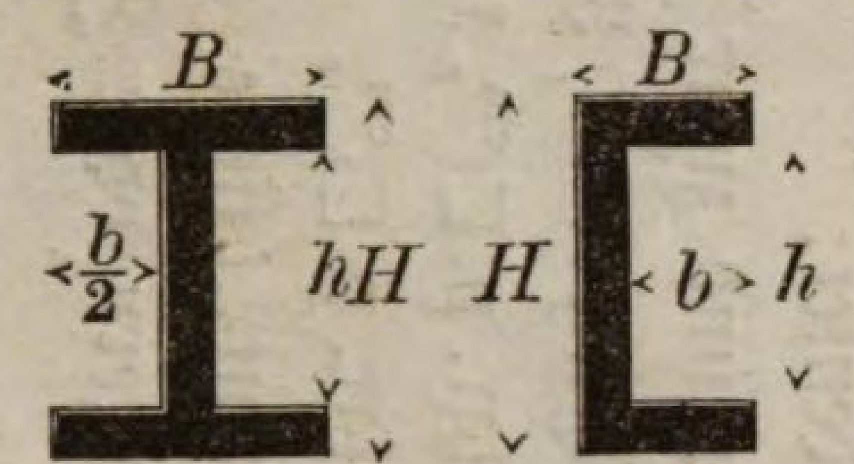
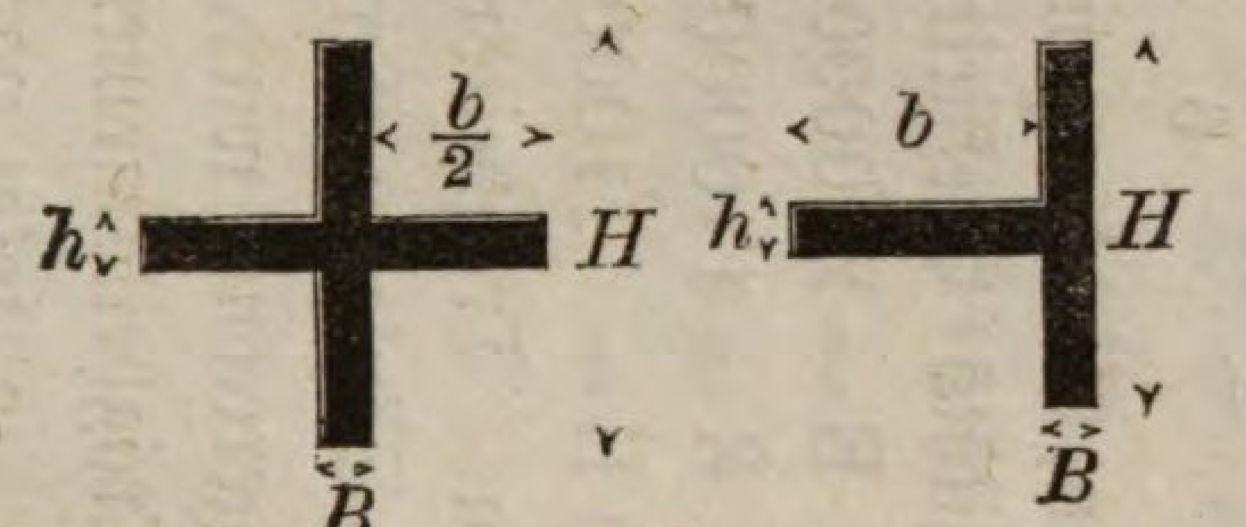
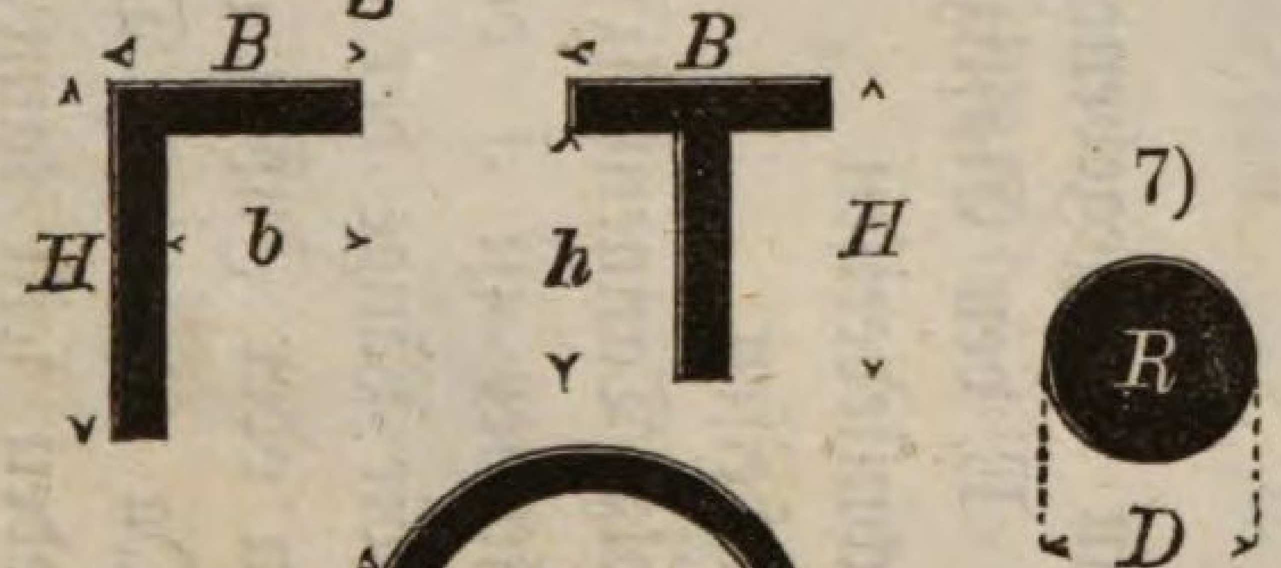
E den Elastizitäts-Coefficienten und zwar durchschnittlich

für Schmiedeeisen $E = 2200000$ Klgr. p. □cm, 30000000 Pfd. p. □",
für Gußeisen $E = 1100000$ Klgr. p. □cm, 15000000 Pfd. p. □",
für Holz (Tannenholz) $E = 110000$ Klgr. p. □cm, 1500000 Pfd. p. □".

Ferner ist J das Trägheitsmoment (siehe nachstehende Tabelle) und l die Länge der Säule in Centimetern oder Zollen, je nachdem in Metern oder Fußen gerechnet wird.

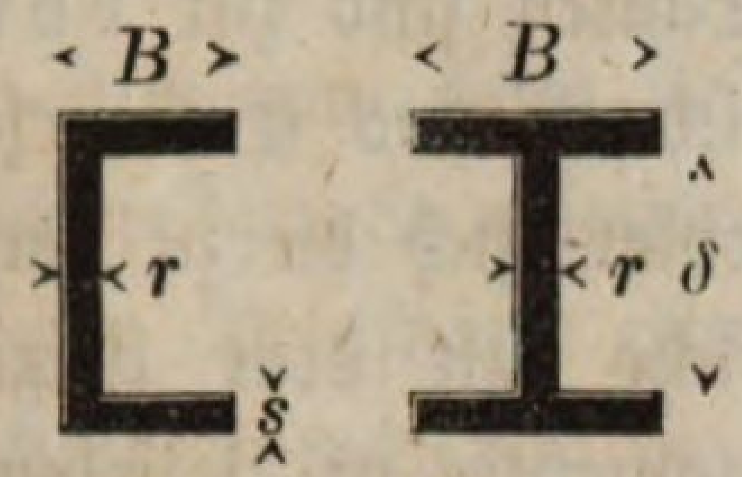
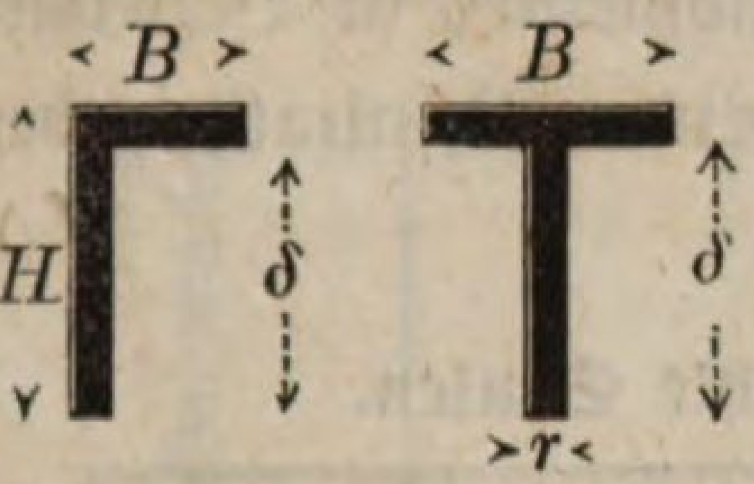
Da nun das Trägheitsmoment (der Querschnitt) der Stütze sehr verschieden sein kann, so folgt nachstehende Tabelle A, in welcher das Trägheitsmoment mit J und das Widerstandsmoment mit W bezeichnet ist. Der letzte Werth $W = \frac{J}{e}$, d. h. der Abstand, der am weitesten von der neutralen Axe entfernten Faser dividirt in den Trägheitsmoment, gilt hauptsächlich für Tragbalken und ist hier nur, der Kürze wegen, gleichzeitig angegeben. (Siehe eiserne Träger und Balken.)

A. Tabelle der Trägheitsmomente (J) und der Widerstandsmomente $\left(\frac{J}{e}\right)$ für die wichtigsten Querschnitte.

Nr.	Form des Querschnittes.	Trägheitsmoment J =	Widerstandsmoment $\frac{J}{e}$ =
1—3		$\frac{1}{12}\ b\ h^3$ $\frac{1}{12}\ b\ (H^3 - h^3)$ $\frac{1}{12}\ (B\ H^3 - b\ h^3)$	$\frac{1}{6}\ b\ h^2$ $\frac{b}{6\ H}\ (H^3 - h^3)$ $\left(\frac{B\ H^3 - b\ h^3}{6\ H}\right)$
4		$\frac{1}{12}\ (B\ H^3 - b\ h^3)$	$\left(\frac{B\ H^3 - b\ h^3}{6\ H}\right)$
5		$\frac{1}{12}\ (B\ H^3 + b\ h^3)$	$\left(\frac{B\ H^3 + b\ h^3}{6\ H}\right)$
6—7		$\frac{1}{12}\left[\frac{B\ H^2 - b\ h^2)^2}{B H - b\ h} - \frac{4\ B\ H\ b\ h\ (H - h)^2}{B\ H - b\ h}\right]$ $\frac{\pi\ D^4}{64} = \frac{\pi\ r^4}{4}$	$\frac{1}{6}\left[B\ H^2 - b\ h^2 - \frac{4\ B\ H\ b\ h\ (H - h)^2}{B\ H^2 - b\ h^2}\right]$ $\frac{\pi\ D^3}{32} = \frac{\pi\ r^3}{4}$
8		$\frac{\pi}{4}\ (R^4 - r^4$	$\frac{\pi}{4\ R}\ (R^4 - r^4$

Von diesen Formeln kommen die unter 4, 6 und 8 am häufigsten vor, sie sind aber für die Paxis sehr umständlich, deshalb wende man zuerst die nachstehende Annäherungsmethode an und berichtige die gefundenen Dimensionen nach den genauen Formeln.

B. Tabelle der Annäherungswerthe für Trägheits- und Widerstandsmomente.

	wenn s > r	J nach genauer Formel.	$\frac{J}{e} = 1{,}1\ B\, s\, \delta$
	wenn s = r		$\frac{J}{e} = 1{,}2\ B\, s\, \delta$
	wenn s < r		$\frac{J}{e} = 1{,}3\ B\, s\, \delta$
	wenn H > B	$J = \frac{1}{6}\, r\, \delta^3$	$\frac{J}{e} = \frac{1}{4}\, r\, \delta^2$
	wenn H = B	$J = \frac{1}{5}\, r\, \delta^3$	$\frac{J}{e} = \frac{3}{10}\, r\, \delta^2$
	wenn H < B	$J = \frac{1}{4}\, r\, \delta^3$	$\frac{J}{e} = \frac{3}{8}\, r\, \delta^2$
	Sehr wenig von der genauen Formel abweichend.	$J = \frac{1}{8}\, \pi\, s\, \delta^3$	$\frac{J}{e} = \frac{\pi\, s\, \delta^3}{4\,(\delta + s)}$

Wie aus der ersten Tabelle A zu sehen ist, heißt das Trägheitsmoment für volle gußeiserne Säulen $J = \frac{\pi\, r^4}{4}$, demnach erhalten wir z. B. für den III. Fall bei sechsfacher Sicherheit:

$$P = \frac{20}{6} \cdot \frac{E \cdot \frac{\pi\, r^4}{4}}{l^2},$$

oder da $\frac{1}{4}\, \pi\, r^4 = \frac{1}{64}\, \pi\, d^4$ ist,

$$P = \frac{20}{6} \cdot \frac{1}{4}\, \pi \cdot \frac{1}{16}\, d^4 \cdot \frac{E}{l^2}.$$

für hohle gußeiserne Säulen ist $J = \frac{1}{4}\, \pi\, (R^4 - r^4) = \frac{1}{64}\, \pi\, (D^4 - d^4)$, demnach beträgt im III. Fall bei sechsfacher Sicherheit:

$$P = \frac{20}{6} \cdot \frac{1}{4}\, \pi \cdot \frac{1}{16}\, (D^4 - d^4) \cdot \frac{6}{l^2}.$$

Setzen wir nun obige Werthe des Elastizitäts-Coefficienten ein, so erhalten wir, nach Fall III für hohle gußeiserne Säulen:

a) für Metermaß (D, d und l in ^{cm}, P in Kilogr.)

$$P = 179953\ \frac{(D^4 - d^4)}{l^2}\ \text{Kilogr. oder}\ D^4 - d^4 = \frac{P \cdot l^2}{179953}.$$

b) für rheinländisches Maß (D, d und l in Zollen, P in Centnern)

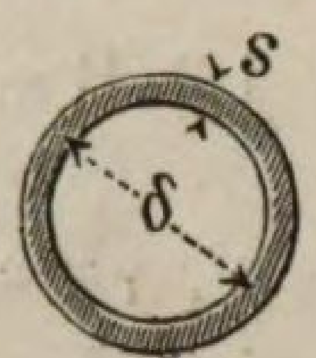
$$P = 24500\ \frac{(D^4 - d^4)}{l^2}\ \text{Centner oder}\ D^4 - d^4 = \frac{P \cdot l^2}{24500}.$$

Die Gleichung für volle Säulen braucht hier nicht besonders aufgestellt zu werden, zumal für die Praxis durchgängig hohle Säule

vortheilhafter sind. Nach den gemachten Bemerkungen und dem gegebenen Trägheitsmomente kann Jeder für alle 4 Fälle die richtige Formel finden.*)

Die zuletzt mitgetheilten Formeln für hohle Säulen sind zur vorläufigen Berechnung der Dimensionen beim Zeichnen des Entwurfes etwas unbequem, deshalb empfehlen sich hierzu nachstehende Näherungsformeln, welche mit dem obigen Näherungswerthe des Trägheitsmomentes in Beziehung stehen und sehr wenig abweichende Resultate geben. Vergleiche Fig. 425 A.

Fig. 425 A.



C. Tabelle der Näherungswerthe für hohle Säulen.

		Metermaß. P in Kilogr., s δ und l in Centimetern.	Rheinländ. Maß P in Centnern, s δ und l in Zollen.
für Fall I.	$s\,\delta^3$	$\frac{P\,l^2}{200000}$	$\frac{P\,l^2}{25000}$
für Fall II.	$s\,\delta^3$	$\frac{P\,l^2}{800000}$	$\frac{P\,l^2}{100000}$
für Fall III.	$s\,\delta^3$	$\frac{P\,l^2}{1600000}$	$\frac{P\,l^2}{200000}$
für Fall IV.	$s\,\delta^3$	$\frac{P\,l^2}{3200000}$	$\frac{P\,l^2}{400000}$

Zu diesen letzten Näherungsgleichungen möge folgendes Beispiel als Erklärung dienen:

Eine Säule sei 4,50 m = 450 cm hoch und werde mit 10000 Kilogr. belastet. Nehmen wir den II. Fall an, so wird sein:

$$s\,\delta^3 = \frac{10000 \cdot (450)^2}{800000} = 2531,$$

*) Bei hölzernen Stützen müssen wir 10fache Sicherheit annehmen und den zweiten Fall zu Grunde legen, demnach

$$P = \tfrac{1}{10} \cdot 10 \cdot \frac{E\,J}{l^2},$$

so beträgt a) in Metermaß (P in Kilogr., b h und l in cm)

$$P = \tfrac{1}{10} \cdot 10 \cdot J \cdot \frac{11000}{l^2}$$

$$J = \frac{P\,l^2}{11000}.$$

b) in rheinländischem Maß (P in Centnern, b h und l in Zollen)

$$P = \tfrac{1}{10} \cdot 10 \cdot J \cdot \frac{15000}{l^2} \text{ Centner}$$

$$J = \frac{P\,l^2}{15000}.$$

wenn die Wandstärke s = 2 cm beträgt, so ist

$$\delta^3 = \frac{2531}{2} = 1265{,}5 \text{ oder } d = \sqrt[3]{1265{,}5} = \text{cr. } 10{,}75^{m} = 11^{cm}.$$

Um nun beim Zeichnen des Entwurfes die Berechnung der Säulendurchmesser zu ersparen, geben wir nachstehend zwei Tabellen der zulässigen Belastung gegen Zerknicken für hohle Säulen bei sechsfacher Sicherheit und für die dritte Befestigungsart.

D. Tabelle der zulässigen Belastung der hohlen Säulen in Metermaß.

Es bedeutet D den äußeren Durchmesser; die Belastung ist in Kilogrammen angegeben. Die Wandstärke beträgt bis 13 cm Durchmesser 2 cm, darüber 2,5 cm.

	Aeußerer Durchmesser D in Centimetern.	Belastung in Kilogrammen. Höhe der Säulen in Metern.										
		2,5	2,75	3,0	3,25	3,50	3,75	4,0	4,25	4,50	4,75	5,0
Wandstärke = 2 cm	D = 10	25000	20700	17400	14800	12800	11150	9800	8700	7750	7000	6300
	11	35300	29150	24500	20900	17850	15700	13700	12250	10900	9800	8800
	12	47900	39600	33300	28450	24750	21250	18700	16600	14800	13300	12100
	13	63000	52350	43900	37450	32200	28100	24700	22000	19600	17550	15800
Wandstärke = 2,5 cm	14	91800	75800	63700	54450	46800	40900	36000	31700	27900	25400	22900
	15	117000	96650	81150	69300	59750	52000	45700	40500	36200	32400	29200
	16	146300	121100	101700	86700	74900	65150	57250	50750	45200	40500	36550
	17	180700	150000	125600	106200	92200	80250	70550	62650	55800	50400	45200
	18	220100	182000	152800	130100	112300	97750	85850	76150	67850	61000	55100
	19	264600	218700	183950	156600	135350	117700	103400	90150	81700	73450	66600
	20	314850	260950	218650	187200	160700	139850	123050	109100	97200	87300	78750
	21	371450	306850	257900	219500	189000	165050	144100	128500	114650	102950	91900

E. Tabelle in rheinländ. Maß.

Es bedeutet D den äußeren Durchmesser; die Belastung ist in Centnern angegeben und die Wandstärke beträgt 1″ = 26 mm.

Äußerer Durchmesser D in Zollen	Äußerer Durchmesser D in Centim.	Höhe der Säule in: Fuß 8, Meter 2,51	Fuß 9, Meter 2,82	Fuß 10, Meter 3,14	Fuß 11, Meter 3,45	Fuß 12, Meter 3,77	Fuß 13, Meter 4,08	Fuß 14, Meter 4,39	Fuß 15, Meter 4,7	Fuß 16, Meter 5,02
		Centner.								
4	10,4	638	504	408	337	283	241	208	182	159
5	13	1446	1143	925	765	643	547	472	406	361
6	15,6	2765	2184	1769	1462	1229	1047	903	786	691
7	18,3	4721	3730	3021	2496	2098	1787	1541	1343	1180
8	20,9	7443	5881	4764	3937	3290	2819	2431	2117	1861

Zu Tabelle D sei noch bemerkt, daß die Kilogramme abgerundet sind und die höchsten Werthe angeben.

Beispiel zu den Tabellen. Auf einer 4 m hohen Säule ruhe eine Belastung von 39000 Kilogr., es wird alsdann nach obiger Tabelle D der Säulendurchmesser 14 bis 15 cm betragen müssen; man würde natürlicherweise die größere Dimension annehmen. Werden zwei Säulen gewünscht, so kann man die Belastung theilen und jeder der beiden Säulen einen entsprechenden Durchmesser geben, d. h. für je 19500 Kilogr. Belastung eine Säule von 13 cm Durchmesser wählen. Anstatt die Stützen ring-kreisförmig, quadratisch oder rechteckig zu gestalten, lassen sich auch sämmtliche Trägheits-Momente in der Tabelle A benutzen.

Für T förmige Profile giebt folgende Formel näherungsweise die nöthigen Dimensionen:

$$P = \frac{15 \cdot f \cdot k_1 \cdot h}{l}.$$

Hierbei bedeutet:

P die Belastung in Kilogrammen,
f den Querschnitt,
h die kleinste für die Biegung maßgebende Dimension,
l die Länge in Centimetern, k_1 die zulässige Spannung.

Letztere ist für Gußeisen:

$$k_1 = 560 \text{ Kilogr. pr. } \square^{cm}, \ 8000 \text{ Pfd. pr. } \square''.$$

Häufig werden die Stützen als Rahmstücke behandelt, d. h. die mittlere Masse wird, aus denselben Gründen wie bei der Säule, fortgelassen, so daß einer Füllungsthür ähnlich, Rahmstücke entstehen. Fig. 449 zeigt ein derartiges Rahmstück, das für eine Schaufensteranlage besonders geeignet ist.

Bei den bisher gegebenen Fällen war angenommen, daß die Säulen durch die Belastung zerknickt werden könnten; beträgt das Verhältniß des Durchmessers zur Höhe nicht mehr wie 1 : 10, so wird nur ein Zerdrücken resp. Zermalmen möglich sein. Allerdings kommt dieses Verhältniß im Hochbau nur selten vor, jedoch mögen, der Ergänzung halber, die dafür gebräuchlichen Formeln hier noch folgen.

Die allgemeine Formel für volle Säulen ist:

$$\frac{\pi^2}{4} \cdot {}^1\!/_4\, \pi\, r^4 \cdot \frac{E}{l^2} = r^2\, \pi\, k_1,$$

hiernach ist $k_1 = {}^1\!/_{16}\, \pi^2 \cdot r^2 \cdot \frac{E}{l^2}$,

$$\text{oder } \frac{r}{l} = \frac{16\, k_1}{\pi^2\, E},$$

$$\text{oder } \frac{l}{r} = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{E}{k_1}},$$

$$\text{oder } \frac{l}{d} = \frac{\pi}{8} \sqrt{\frac{E}{k_1}}.$$

Hierbei bedeutet k_1 den Festigkeitsmodulus und E den Elasticitätsmodulus. Nach Einsetzung der betreffenden Werthe in obige Formel ergiebt sich für eine volle Säule nach der im I. Falle gegebenen Befestigungsart:

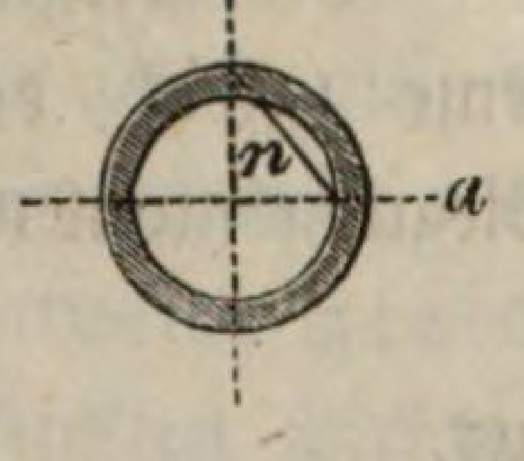
$$\text{für Holz } \frac{l}{d} = 6{,}26,$$

$$\text{für Gußeisen } \frac{l}{d} = 4{,}8.$$

Für eine hohle Säule aus Gußeisen ist:

$$\frac{l}{n} = 9{,}6 \text{ (Fig. 426).}$$

Fig. 426.



Die Tragbalken.

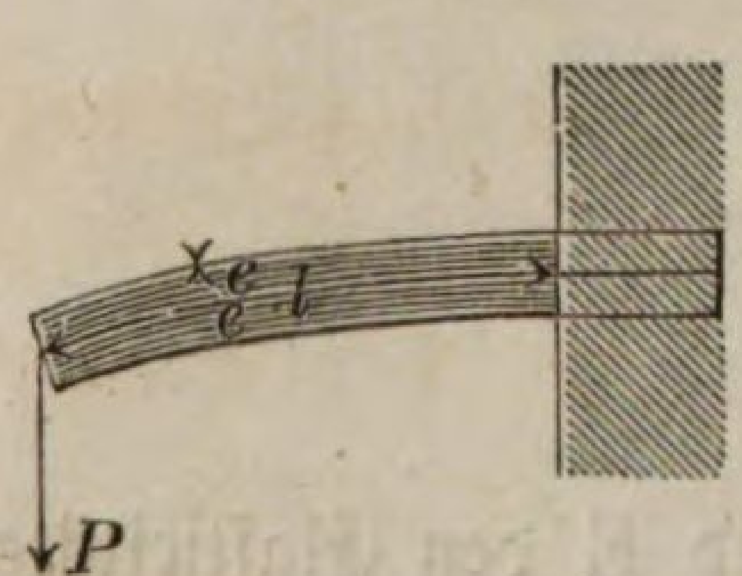
Noch vor kurzer Zeit verursachte die Anlage der weiten horizontalen Maueröffnungen manche Schwierigkeiten, besonders, wenn wegen geringer Etagenhöhe nur Mauerentlastungsbögen mit geringer Pfeilhöhe zulässig waren und demzufolge bei Spannweiten von cr. 5^{m} (16′) entweder gedrückte oder flache Bögen zur Anwendung kommen mußten. Erst mit Anwendung der eisernen Tragbalken gelang es, feuersichere und stabile Ueberdeckungen größerer Maueröffnungen herzustellen, und auch bedeutende Mauermassen abzufangen.

Die eisernen Träger wurden anfänglich nur bei kleinen Spannweiten versucht, alsdann dienten sie zur Unterstützung der Decken und Maueröffnungen mit größerer Spannweite und Belastung, sowie als Ersatz der Gurtbögen, bis schließlich in neuerer Zeit häufig der untere Theil der Gebäude zum größten Theil auf eiserne Träger und Säulen gestellt wurde.

Berechnung der Formeln für eiserne Träger.

Wird ein an einem Ende eingemauerter Stab beliebigen Querschnittes am freischwebenden Ende belastet, so erfolgt dadurch am Stützpunkte ein entsprechendes Einbiegen des Stabes (Fig. 427).

Fig. 427.



Hierdurch werden die untern Fasern des Stabes der Länge nach verkürzt, die oberen hingegen verlängert, und zwar nimmt diese Längenveränderung zu mit den Abständen der Faserschichten von der sogenannten neutralen Axe, eine durch den Schwerpunkt des Querschnittes gehende, von constanter Länge bleibende Faserschicht, so daß die entferntesten Fasern am meisten zusammengepreßt oder ausgedehnt werden. Es entsteht demnach durch die Summen der sämmtlichen statischen Momente, also durch das Moment der Ausdehnung und das Moment der Pressung resp. Zusammendrückung, das Biegungsmoment.

Die Biegung wird durch die Belastung P, welche an dem Hebelsarme (gleich der Länge des Stabes) wirkt, folglich drückt sich das Biegungsmoment durch die Gleichung

$$M = P\,l$$

aus.

Bedeutet e den Abstand der entferntesten Fasern (von der neutralen Schicht), k die größte Spannung resp. Pressung pr. □cm in Kilogr. resp. pr. □″ in Pfunden, heißt ferner die Summe der Produkte, welche man erhält, wenn man jedes Querschnittstheilchen mit dem Quadrat seiner Entfernung von der neutralen Axe multiplicirt, das Trägheitsmoment des Querschnitts und bezeichnet man dieses mit J, dann entsteht die Grundformel:

$$M = P\,l = k\,\frac{J}{e}.$$

Der Ausdruck $\frac{J}{e}$, welcher ausschließlich vom Querschnitte abhängig ist, wird das Widerstandsmoment genannt und mit W bezeichnet.

Demnach ist $P\,l = k\,W$,

oder $P = \frac{k\,W}{l}$.

Wenn der Balken, wie bei Fabriken, Tanzsälen ꝛc., große Erschütterungen erleidet, so können wir für k setzen:

bei Schmiedeeisen, gegen Zug und Druck = 700 Kilogr. pr. □cm, 10000 Pfd. pr. □″,

bei Gußeisen, gegen Zug 250 Kilogr. pr. □cm, 3500 Pfd. pr. □″,

bei Gußeisen, gegen Druck 500 Kilogr. pr. □cm, 7000 Pfd. pr. □″,

bei Holz 70 □ Kilogr. pr. □cm, 1000 Pfd. pr. □″.

Bei gewöhnlichen Hochbauconstructionen, die keinen Erschütterungen ausgesetzt sind, also in Wohnhäusern, ist zu setzen:

für Schmiedeeisen, gegen Zug und Druck k = 840 Kilogr. pr. □cm, 12000 Pfd. pr. □″,

für Gußeisen, gegen Druck k = 560 Kilogr. pr. □cm, 8000 Pfd. pr. □″,

für Gußeisen, gegen Zug k = 280 Kilogr. pr. □cm, 6000 Pfd. pr. □″,

für Holz, gegen Zug und Druck k = 84 Kilogr. pr. □cm, 1200 Pfd. pr. □″.

Wie wir schon früher bei den „Holzconstructionen, Abtheilung II“ gesehen haben, kann der Balken entweder frei auf der Mauer liegen, oder an einem oder beiden Enden festeingespannt resp. vermauert werden, und konnte demnach die Belastung entweder gleichmäßig vertheilt sein, oder an einem oder mehreren Punkten wirken.

Nehmen wir an:

1. Der Balken sei mit einem Ende fest eingespannt und dem anderen Ende freischwebend, dann ist:

a. wenn die Last an dem Ende wirkt

$$P\,l = k \cdot W$$

$$\text{oder } P = \frac{k \cdot W}{l} \text{ oder}$$

b. wenn die Last gleichmäßig vertheilt ist

$$P = (\tfrac{1}{2}\,l) = k \cdot W \text{ oder}$$

$$P = 2\,k \cdot \frac{W}{l}.$$

Die Formel ad b kommt z. B. bei Balkenanlagen vor, bei denen die hinausragenden fest eingemauerten eisernen Träger mit Kappengewölben oder dergl. überspannt sind; stehen hingegen auf dem Ende des hinausragenden Balkens noch einige Pfeiler (siehe das Spätere über Balkenanlagen), welche wiederum einen Balken der oberen Etage unterstützen, so würde die Formel ad a zur Anwendung kommen.

2. Der Balken ruhe auf beiden Enden frei auf dem Unterlager.

Hierbei soll die Belastung gleichmäßig vertheilt sein, dann ist

$$\tfrac{1}{8}\,P \cdot l = k \cdot W$$

$$\text{oder } P = \frac{8 \cdot k \cdot W}{l}.$$

Dieser Fall ist wohl der gebräuchlichste, er kommt gewöhnlich bei hölzernen Balkenanlagen und eisernen Tragbalken, welche Kappen oder auch Mauern unterstützen, vor. Die Fälle, bei denen solche Balken auch eine Einzellastung erhalten, sind höchst selten, kommt dies aber vor, so ist es rathsam, diese Extrabelastung durch irgend eine der weiter unten angeführten Constructionen aufzufangen resp. zu unterstützen.

3. Der Balken sei an einem Ende fest eingemauert, während das andere Ende frei aufliege.

a. Die Belastung sei hierbei gleichmäßig vertheilt, dann ist:

$$\tfrac{1}{2}\,P = 6\,k \cdot \frac{W}{l},$$

$$\text{oder } P = \frac{12\,k\,W}{l}.$$

Ferner kann der Balken noch an beiden Enden fest eingespannt sein; dieser Fall, sowie der vorige, kommt in der Praxis seltener vor, z. B. nur wenn ein ganzer Träger in der Mitte mit der Säule fest verbunden ist.

In allen andern Fällen ist es rathsam, die ad 2 gegebene Gleichung $P = \frac{8\,k\,W}{l}$ zu Grunde zu legen. Die ad 3 ꝛc. angeführten Gleichungen würden allerdings ein größeres Biegungsmoment ergeben, jedoch bietet die festeingespannte Befestigungsart keine hinreichende Garantie, um sich sicher auf sie verlassen zu können.

Mit Rücksicht auf die Vertheilung der Belastung auf die Unterstützungen, wollen wir nur die Fälle nochmals recapituliren, bei denen eine oder zwei Stützen in gleichen Abständen vorhanden sind:

1) Fig. 428. $A = C = {}^{3}/_{16}\,P$,
$B = {}^{5}/_{8}\,P$,

2) Fig. 429. $A = D = {}^{5}/_{32}\,P$,
$B = C = {}^{11}/_{16}\,P$,

wenn P die gleichmäßig vertheilte Belastung bedeutet.

Fig. 428.

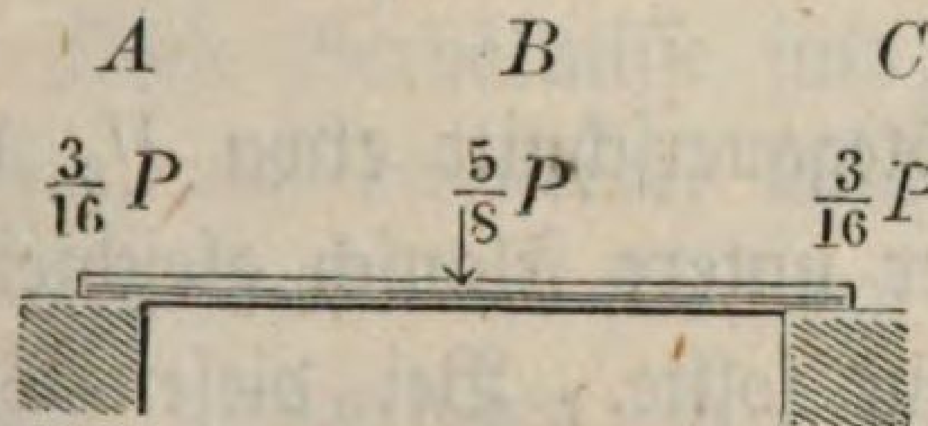
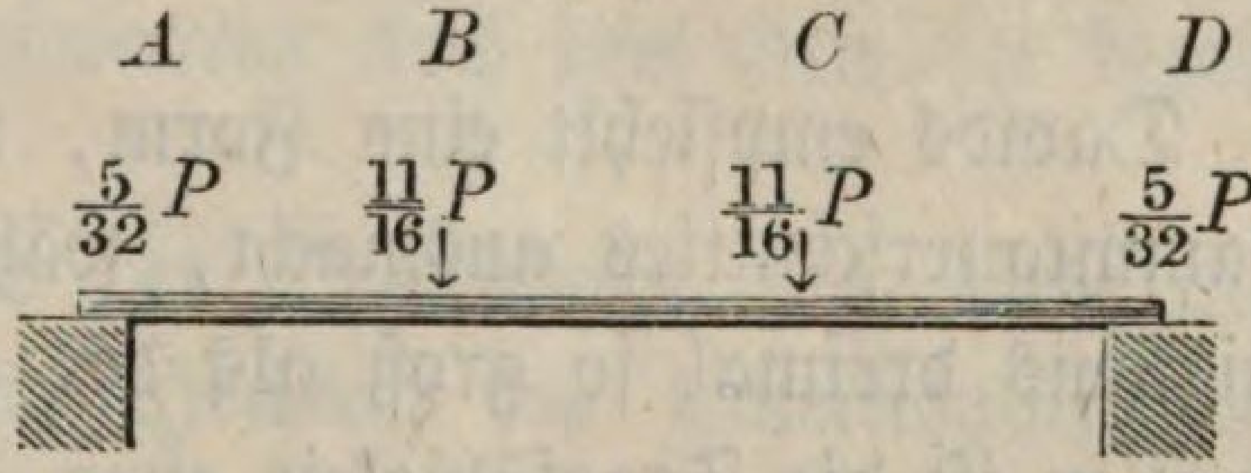


Fig. 429.

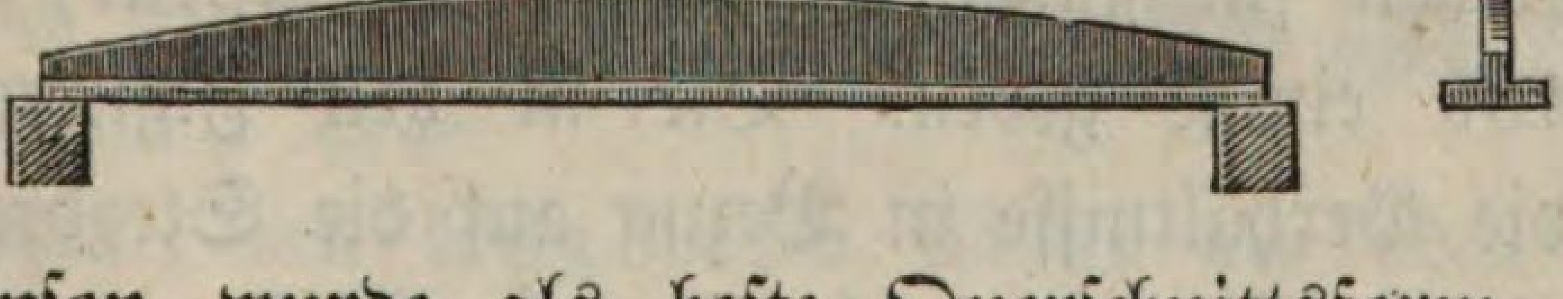


Die Tragbalken werden, wie schon erwähnt, entweder aus Guß- oder Schmiedeeisen hergestellt, betrachten wir zuerst

Die Träger aus Gußeisen.

Die ersten eisernen Träger, welche sowohl im Hoch- wie Brückenbau zur Anwendung kamen, wurden aus Gußeisen gefertigt. Sie erhielten anfänglich einen elliptischen Rücken (Fig. 430), welche Form noch zu empfehlen ist, wenn die Belastung der Länge nach gleichmäßig vertheilt liegt; diese Herstellung ist in Gußeisen leicht anzuordnen.

Fig. 430.



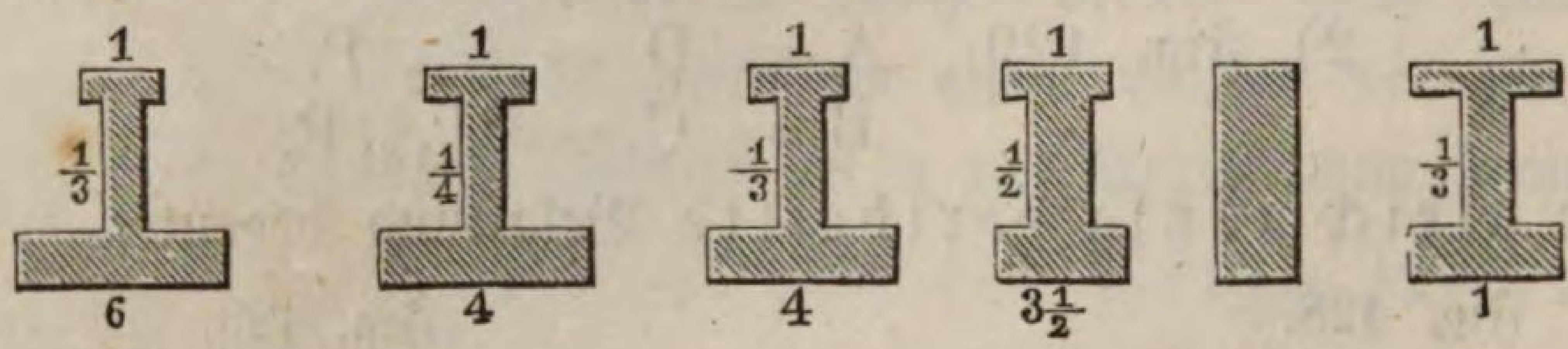
Von Hodgkinson wurde als beste Querschnittsform die doppelte T förmige empfohlen, wobei die obere Rippe (deren Fasern zusammen-

gedrückt werden) sich zur untern Rippe (deren Fasern ausgerenkt werden) wie 1 : 6 verhält. Der Balken hat in diesem Falle gleiche Widerstandsfähigkeit gegen Bruch, d. h. die oberen Fasern würden in demselben Augenblicke zermalmt, wenn in den unteren ein Zerreißen stattfindet.

Diese Verhältnisse sind von Davids geprüft und dahin modificirt worden, daß Hodgkinson den Einfluß des Steges auf die Tragkraft vernachlässigt habe und daß, falls das Verhältniß des Querschnitts des Steges zum ganzen Trägerquerschnitt 1 : 4. oder 1 : 3 angenommen würde, das Flanschenverhältniß nahezu 4 : 1, im Falle aber das erste Verhältniß 1 : 2 betrage, sich $3\frac{1}{2}$: 1 als das vortheilhafteste Flanschenverhältniß herausstelle.

Hiernach würden die gußeisernen Träger nicht nach dem Querschnitt von Fig. 431, sondern nach Fig. 432 — 434 zu construiren sein.

Fig. 431. 432. 433. 434. 435. 436.



Davids empfiehlt eine Form, deren Stegquerschnitt etwa $\frac{1}{3}$ des Gesammtquerschnittes ausmacht, während der untere Flansch gleichzeitig wenigstens dreimal so groß als der obere sein sollte. Bei diesen Verhältnissen ist die Tragfähigkeit etwa = 0,88 von derjenigen, welche der Träger, unter sonst gleichen Verhältnissen, aber bei einer vortheilhafteren Vertheilung der Masse (Fig. 433), haben könnte, jedoch 1,76 mal so groß, als diejenige des Trägers mit rechteckigem Querschnitt (Fig. 435), und 1,24 mal so groß als die des doppelt T förmigen Querschnitts mit gleichen Flanschen (Fig. 436), bei sonst gleichen Verhältnissen.

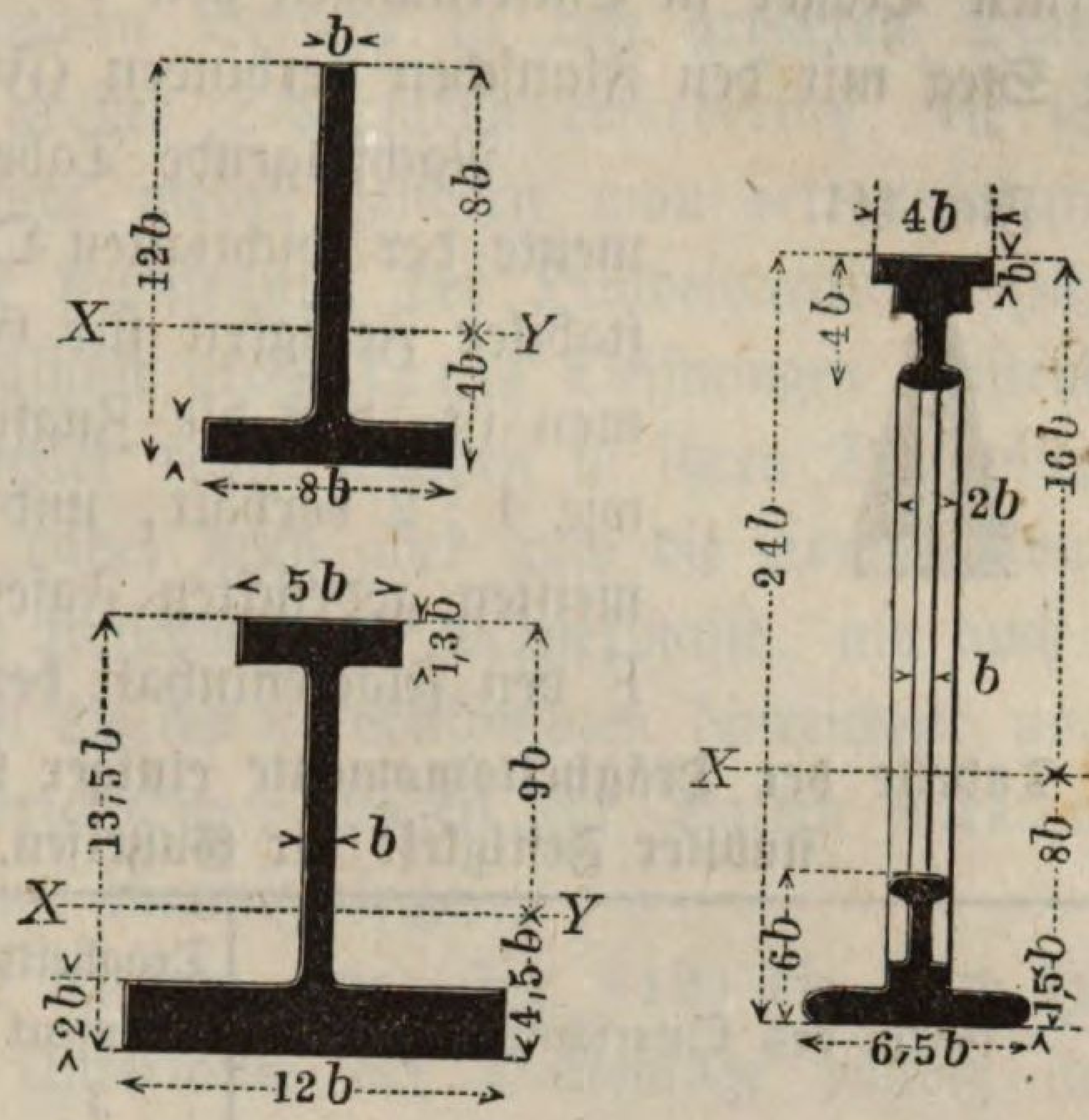
Anstatt die Querschnitte von Hogdkinson und Davids zu wählen ist es vortheilhafter, die Querschnittsform so zu nehmen, daß die Spannungen der am stärksten verlängerten und verkürzten Fasern gleichzeitig den Elastizitätsgrenzen entsprechen. Mit Beachtung dessen hat Reuleaux Querschnittsformen für gußeiserne Träger aufgestellt, von denen wir in Fig. 437 — 439 einige geben. Die in den Figuren eingeschriebenen Zahlen sind die Verhältnisse in Bezug auf die Stegbreite b.

Setzen wir den Materialaufwand beim Gießen des Trägers Fig. 437 = 1 und bezeichnen die Träger, ihren Figurennummern nach, mit a, b,

c, so würde a : b : c = 1,0 : 1,04 : 0,483 sein.

Hiernach braucht der Querschnitt (Fig. 439), welcher mit aussparenden Löchern im Stege angenommen ist, ungefähr die Hälfte an Material von dem einfachen T förmigen Träger (Fig. 437). Die Widerstands-Momente dieser 3 Träger nach den obigen Bezeichnungen verhalten sich aber unter einander a : b : c = 34,8 : 102,5 : 144,8.

Fig. 437—439.



so daß der Querschnitt Fig. 438 ungefähr einen dreimal, der Querschnitt Fig. 436 aber einen reichlich viermal größeren Werth, als der einfache T förmige Träger Fig. 437 erhält.

Diese Verhältnisse sind, da Gußwaaren nach dem Gewichte bezahlt werden, von besonderer Wichtigkeit.

Trotzdem in statischer Hinsicht der Querschnitt Fig. 439 allen übrigen vorzuziehen ist, werden im Hochbau die Querschnittformen Fig. 437 und 438 am häufigsten angewendet, da dieselben mittels der breiten Flanschen ein besseres Auflager bieten.

Hinsichtlich weiterer Querschnittformen verweisen wir auf Tabelle F.

Die Stellung des Steges ist bei den gußeisernen T förmigen Trägern verschieden, denn es ist nach statischen Gesetzen gleichgültig, ob derselbe an der einen Seite oder in der Mitte ꝛc. des unteren oder oberen Flansches sich befindet. In Fig. 440 a—g sind die verschiedenartigsten Modificationen des Trägers dargestellt, und zwar a b c für einfache und d bis g für doppelte T förmige gußeiserne Träger. Bei einfachen T Trägern ist es vortheilhaft, den Steg unten stärker als oben zu machen (Fig. 441), da, wie schon gesagt, der untere Flansch stark auf Zug in Anspruch genommen wird.

Fig. 440.



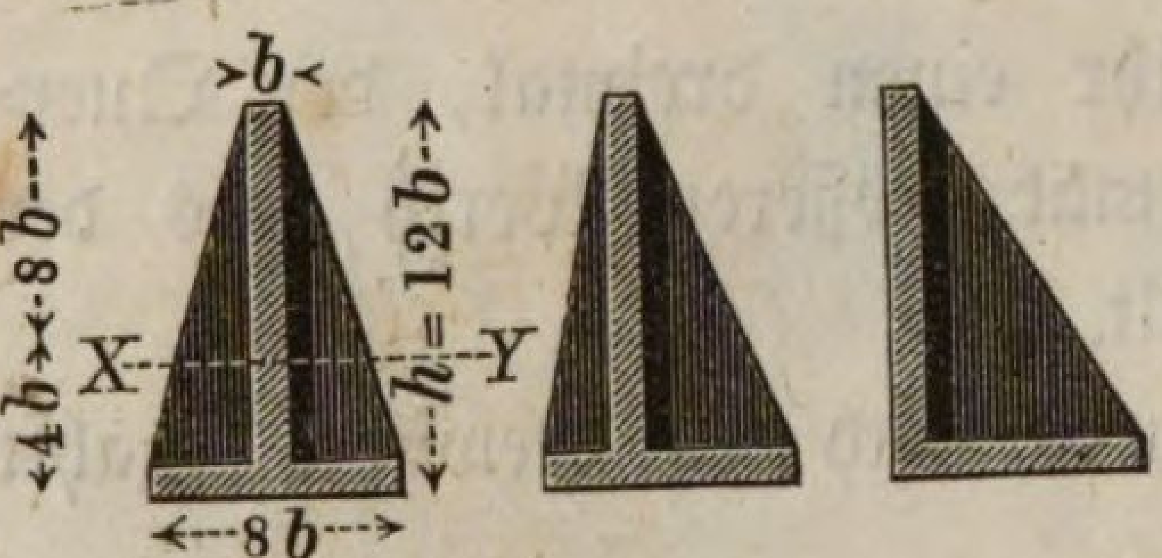
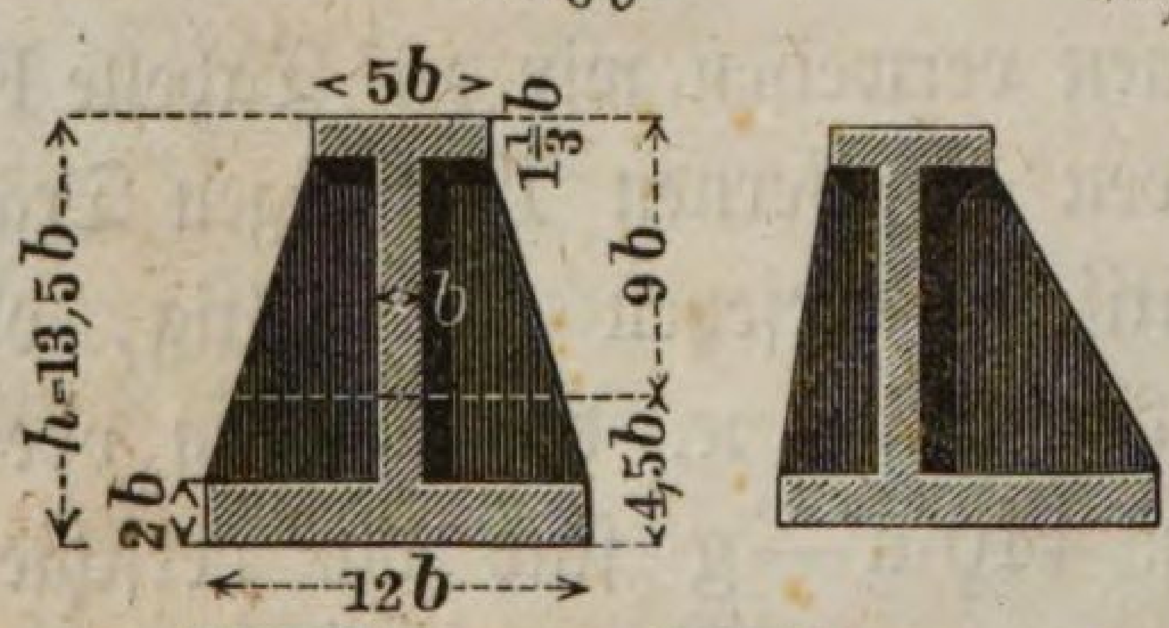
Zur besseren seitlichen Versteifung des Steges erhalten die gußeisernen Träger in Entfernungen von 1 — 1¼ m (3 — 4′) Rippen, die den Steg mit den Flanschen verbinden (Fig. 440 a — g).

Fig. 441.



Nachfolgende Tabelle F giebt die Trägheitsmomente der wichtigsten Querschnittsformen von gleicher stabiler Festigkeit für Gußeisen an, wobei angenommen ist, daß die Zugfestigkeit zur Druckfestigkeit sich wie 1 : 2 verhält, und daß e der Abstand der am meisten gedrückten Faser von der neutralen Axe und F den Flächeninhalt bezeichnet.

F. Tabelle der Trägheitsmomente einiger Querschnittsformen von gleicher stabiler Festigkeit für Gußeisen. (Nach Reuleaux.)

Form des Querschnittes.	Trägheitsmoment J	Entfernung e von der neutr. Achse	$\frac{J}{e}$	Flächeninhalt F
 *)	278,3 b⁴	8 b	34,8 b³ = 0,0201 h³	19 b² = 0,132 h²
 **)	294,8 b⁴	8 b	36,85 b³ = 0,0213 h³	23,08 b² = 0,160 h²
 	930 b⁴	8 b	102,4 b³ = 0,0417 h³	40,82 b² = 0,224 h²

*) Der horizontale Flansch braucht nicht symmetrisch zur Mittelrippe zu stehen, sondern kann beliebig ganz oder theilweise nach seitwärts verschoben sein.

**) Die vertikale Rippe kann auch seitwärts geschoben, oder in 2 Theile zerlegt sein, die beliebig symmetrisch oder unsymmetrisch auseinander gerückt sind.

Die Anwendung der gußeisernen Träger.

Durch den stetig wachsenden Verkehr in den größeren Städten wurde auch die Herstellung großer Schauläden erforderlich, die sogenannten Gewölbe genügten nicht mehr, sondern man verlangte große Schaufensteröffnungen für die Ausstellung der Handelsartikel. Hierzu war es nöthig, daß man möglichst große freie Oeffnungen construirte und daß man die nöthigen Pfeiler resp. Stützen in ihren Dimensionen auf ein Minimum reducirte; dabei muß aber auch die Construction so stark bleiben, daß sowohl die freischwebende Mauermasse, als auch die über den Oeffnungen liegenden Balken ꝛc. vollkommen hinreichend unterstützt werden. Durch die verschiedenen Lagen der Balken wird nun die Anwendung der Träger eine mannigfaltige.

Die einfachste Art würde da sein, wo (Fig. 442) die lichte Höhe des Schaufensters mit der Unterkante der Balkenlage bündig liegt.

Fig. 442.

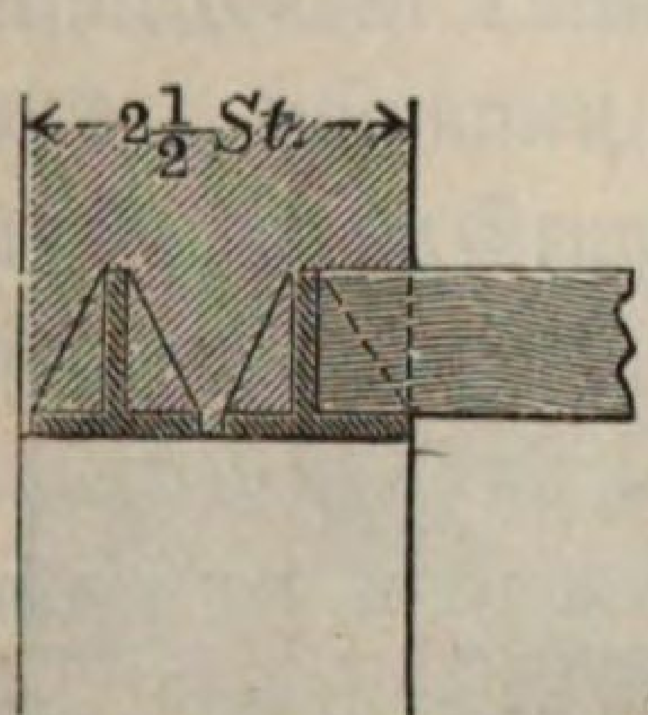


Fig. 443.

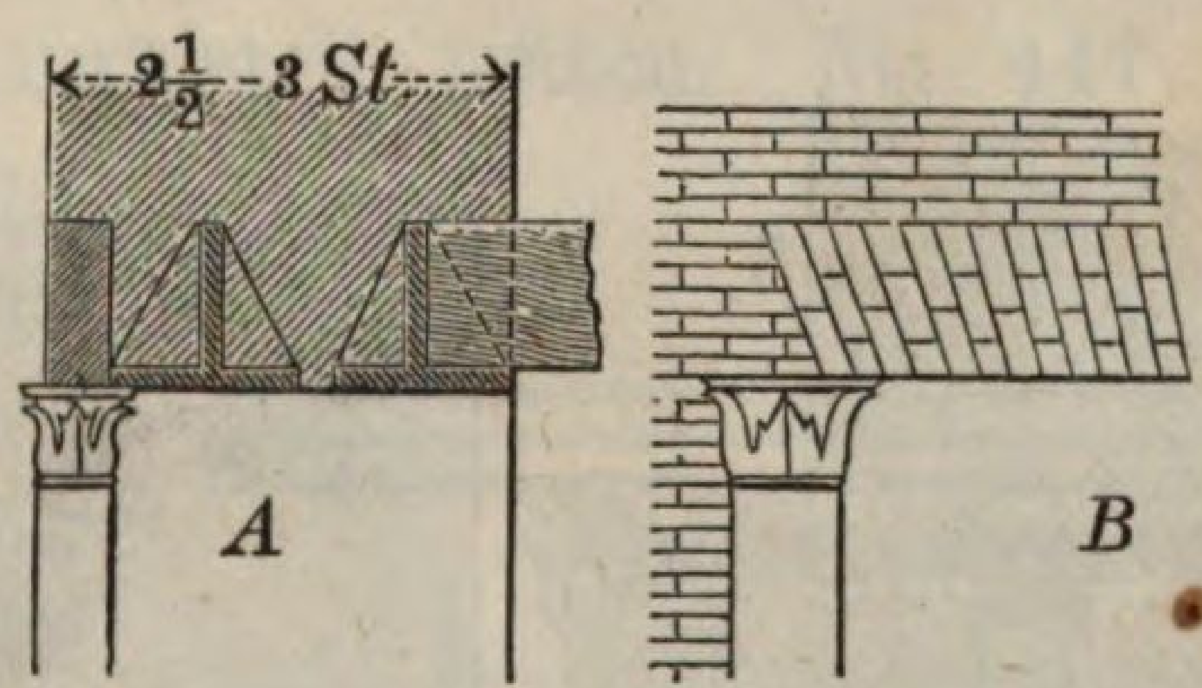
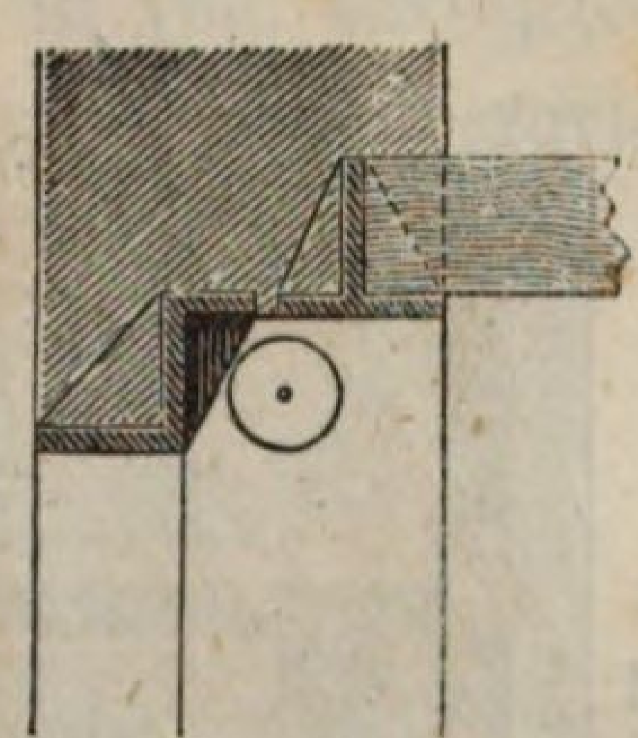


Fig. 444.



Hierbei werden zwei gußeiserne Träger neben einander gelegt, von denen der eine den Etagenbalken ein passendes Auflager bietet. Es wird also hierbei die ganze Dicke der Mauern unterstützt.

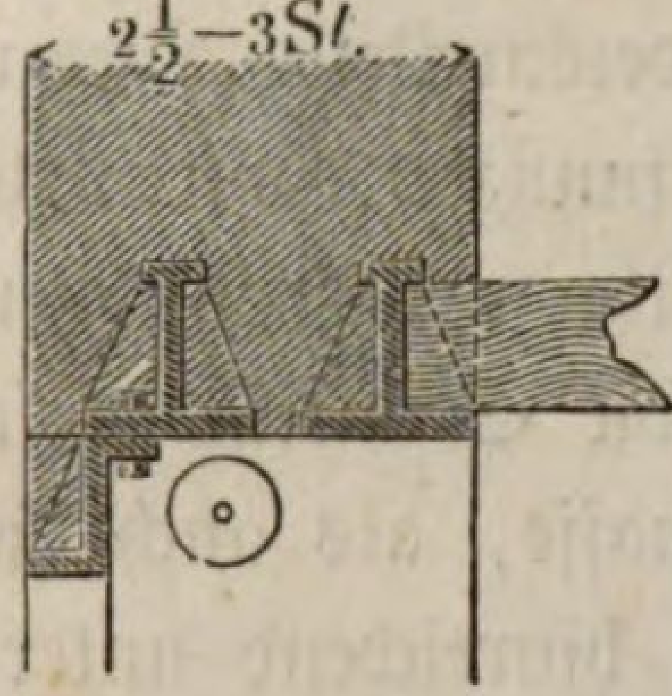
Ist die zu überdeckende Oeffnung keine große, wie z. B. bei Hausthüren, dann braucht die vordere Seite des äußeren Trägers durchaus nicht bündig mit der Außenseite zu liegen, sondern kann ca. $1/2$ Stein Stärke zurückspringen, so daß noch Platz für einen scheitrechten Bogen verbleibt (Fig. 443 A B).

Obige Anordnungen haben beide den Nachtheil, daß sich keine Rolljalousie anbringen läßt, weshalb, besonders für Schaufenster, die Construction der Fig. 444 den Vorzug verdient.

Besser noch würde es sein, wenn nach Fig. 445 die äußere Laibung des Schaufensters schmäler gemacht wird.

In Fig. 446 A und B sind zwei verschiedene Anordnungen gezeigt, bei A sind die Träger ähnlich wie in Fig. 445 gelegt, darauf ruhen dann die Balken. Falls die Flanschen kein genügendes Auflager bieten, lassen sich die Träger, nach Fig. 446 B zusammenkuppeln.

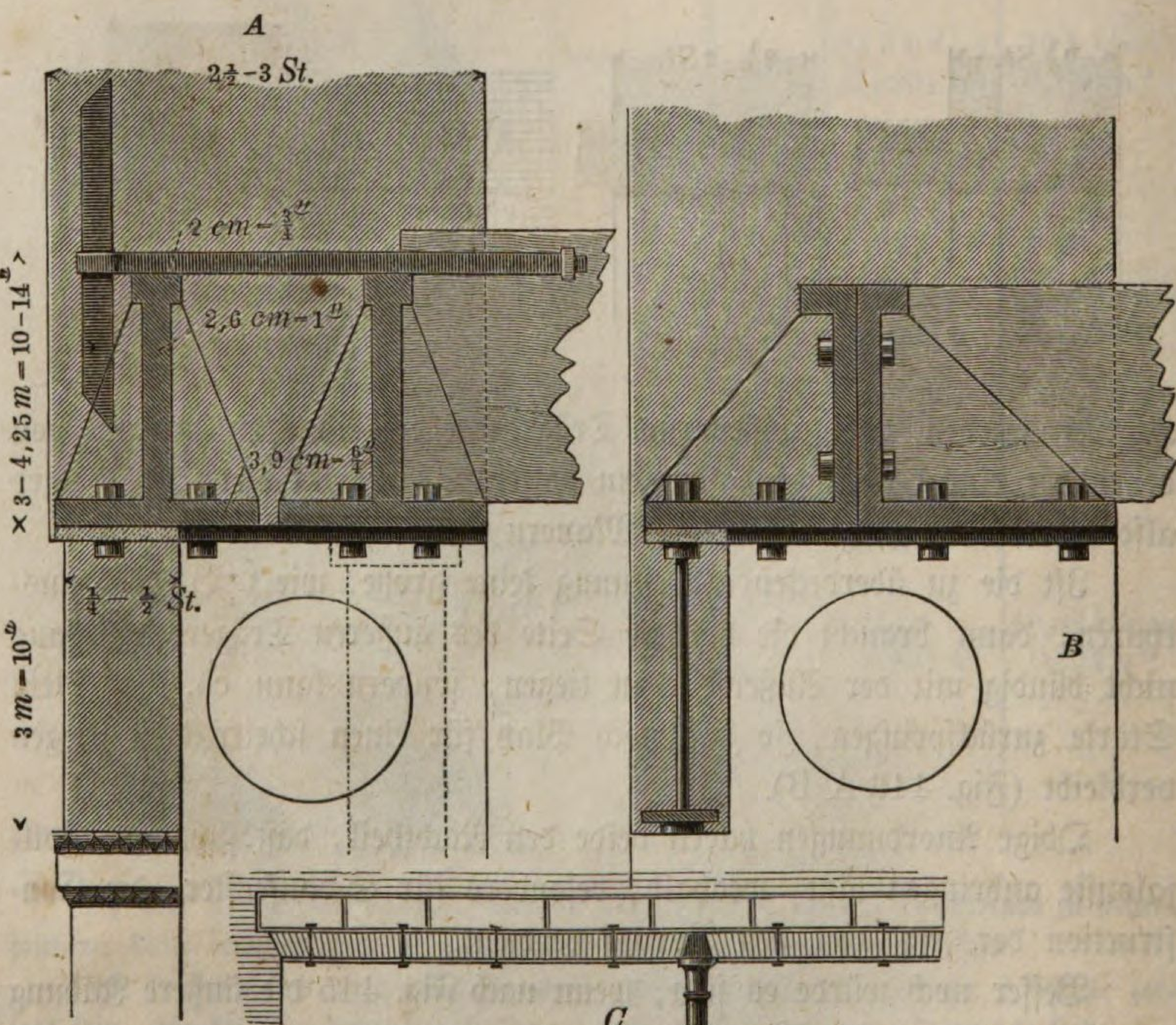
Fig. 445.



Die Construction Fig. 446 A kommt in Berlin vielfach zur Anwendung. Es liegen hierbei die gußeisernen Frontträger $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ m (5—8′) frei und sowohl die kürzeren wie die längeren Träger haben gleiche Querschnittsdimensionen. Am Stoße werden sie durch zwei eiserne Säulen unterstützt, deren hintere 13 cm (5″) und die vordere 16—18 cm ($5\frac{1}{2}$ — $6\frac{1}{2}$″) zum Durchmesser hat, während ihre Wandstärke 1,3 cm ($\frac{1}{2}$″) beträgt.

Die Tragbalken sind nicht entlastet, sondern tragen eine drei Etagen hohe Frontwand und außerdem noch eine 1,80 m (6′) hohe Drempel-

Fig. 446 A—C.



wand. Die Höhe der Etagen beträgt im Erdgeschoß 4,40 m (14′), im Lichten, im ersten und zweiten Stockwerk 3,80 m (12′) und im dritten 3,3 m (10½′). Die Mauerstärken betragen im Erdgeschoß 68 cm (26″), in den folgenden beiden Stockwerken 57 cm (22″), im letzten 42 cm (16″) und die massiv verblendete Drempelwand hat 26 cm (10″) Stärke.

Die Fig. 446 B giebt noch eine andere Anordnung eines vorderen scheitrechten Bogens, dieser ruht nämlich auf einer durchgehenden Schiene, welche durch 2,25 cm (1″) starke schmiedeeiserne Bolzen aufgefangen wird. Fig. 446 C zeigt diese Construction, wie sie in Berlin am meisten angewendet wird.

Liegen die gußeisernen Träger sehr weit frei, oder ist die auf ihnen ruhende Belastung groß, so werden einige Unterstützungen, entweder mittels Säulen oder Stützen, nöthig. Wenn die statische Berechnung für eine Säule einen sehr großen Durchmesser vorschreibt, dann kann man auch zwei einzelne Säulen, mit geringerem der Belastung entsprechenden Durchmesser, anordnen, die, wie schon in Fig. 420 gezeigt wurde, zusammen verkuppelt werden. Fig. 447 giebt eine derartige Anordnung im Grundrisse, wobei noch zu bemerken ist, daß anstatt einer auch mehrere Unterstützungen in größern Entfernungen vorkommen können, wie z. B. Fig. 447 B deutlich vergegenwärtigt. Hierbei ist die ganze Anlage des Trägers ꝛc. zu erkennen, die scheitrechten Bögen legen sich gegen ein eisernes Widerlager, welches sich über jeder Säule befindet (Fig. 447 C).

Fig. 447 A — D.

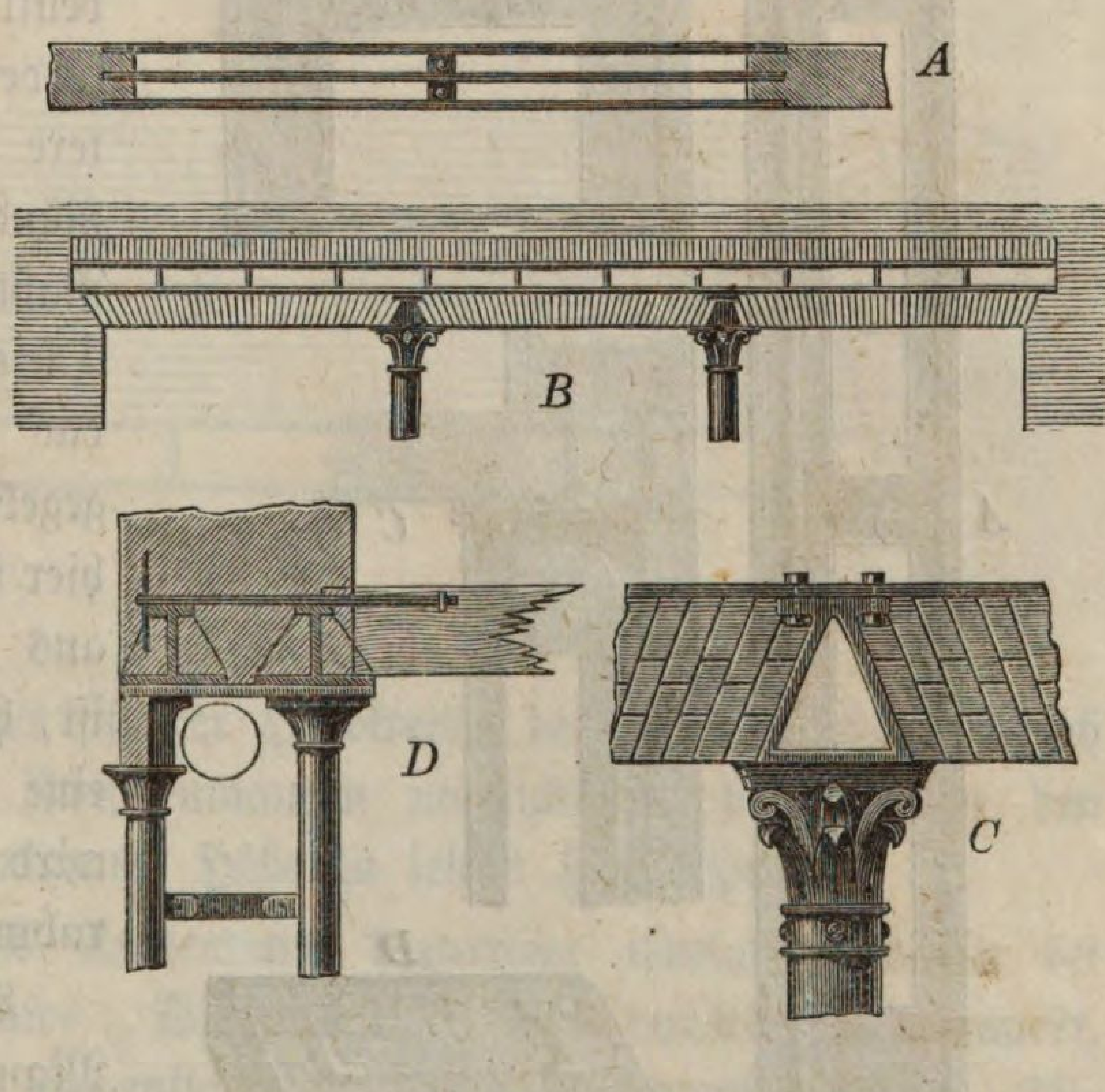
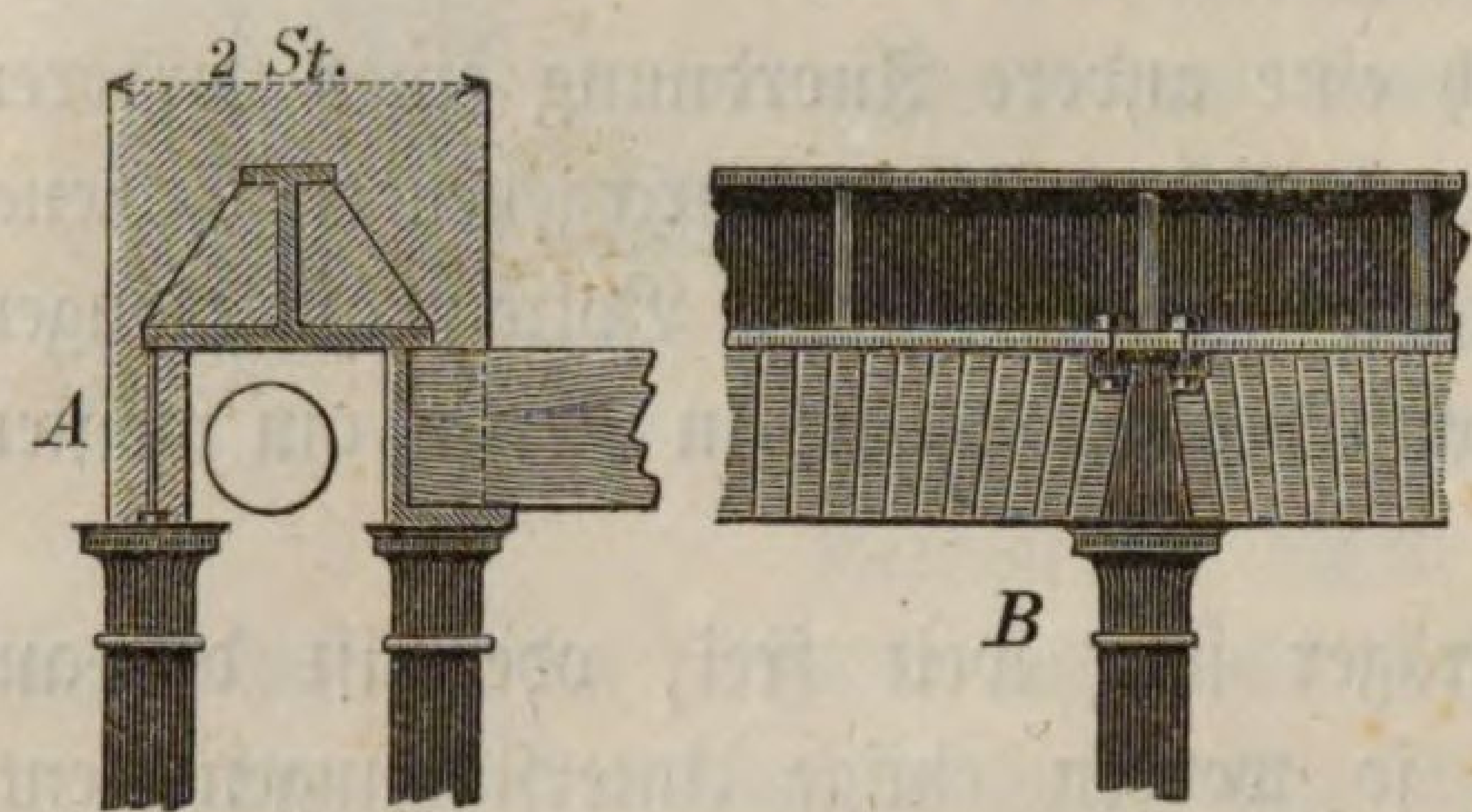


Fig. 447 D giebt den Querschnitt, woraus die Verbindung des Trägers mit der Säule zu erkennen ist.

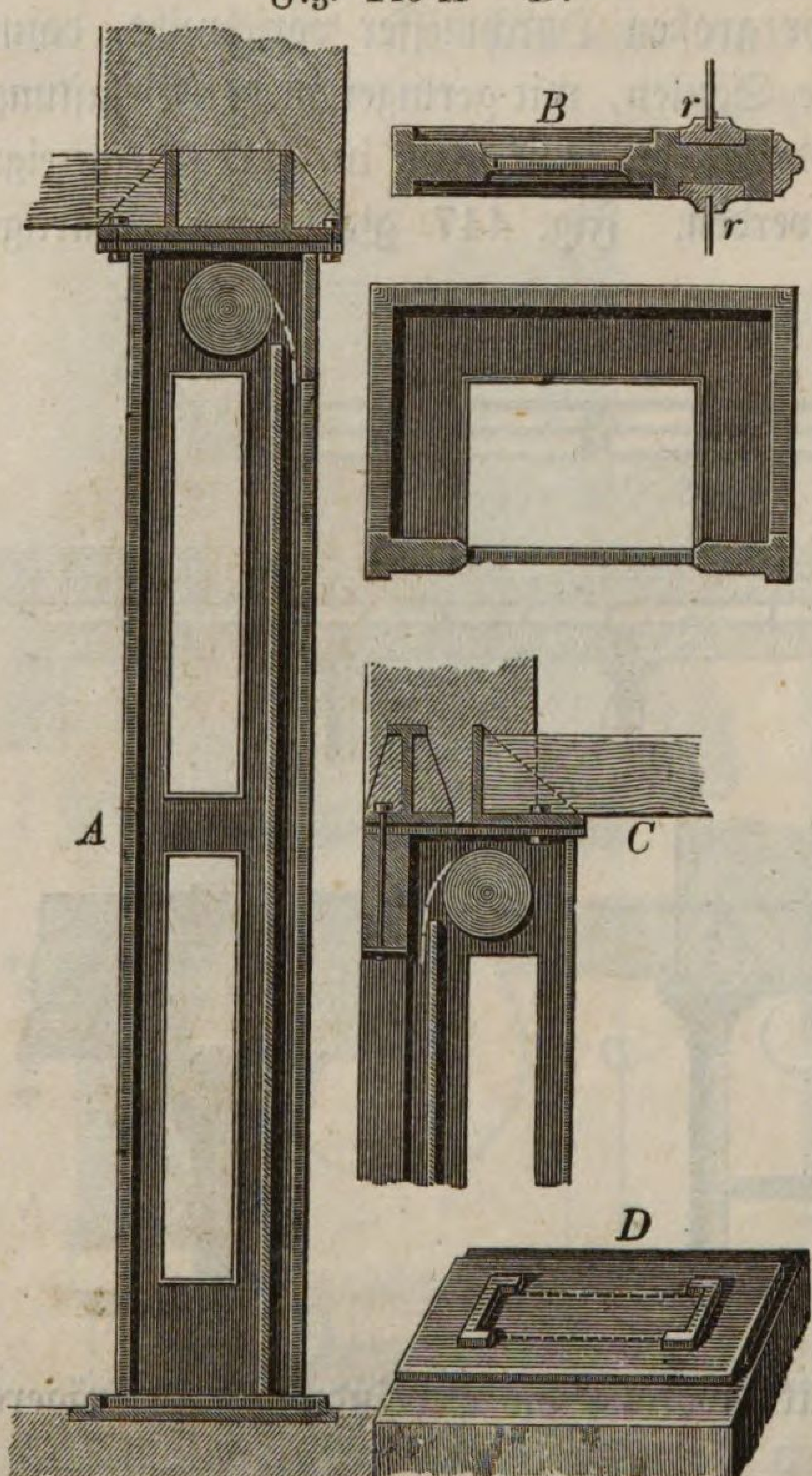
Bei den bisher gezeigten Beispielen liegt der Träger nur wenig über der lichten Höhe des Fensters. Trotz der äußeren scheinbaren Höhe des Ladens, wird es jedoch manchmal geboten sein, die Balkenlage vertieft anzulegen, indem ein versenkter Träger als Auflager der hölzernen Balken dient. Es ist eine derartige Anlage sehr zu empfehlen, weil dabei ein Kasten für den Ladenverschluß gewonnen wird (Fig. 448 AB).

Fig. 448 A B.



An Stelle der Säulen kann man, zur Unterstützung der Träger etc., natürlich auch gußeiserne Rahmstücke anordnen. Eine derartige Construction zeigt Fig. 449 A im Durchschnitt, B im Querschnitt des Rahmstückes; C macht die Verbindung des Rahmstückes mit dem Träger deutlich und D giebt die erforderliche Bodenplatte. Letztere erhält zwei angegossene Ränder, zwischen denen das Rahmstück eingesetzt wird. Dieselben Regeln, welche für das Fundiren der Säulen gegeben wurden, gelten auch hier für die Rahmstücke. Wie aus Fig. 449 B zu ersehen ist, hat das Rahmstück vorne eine breite Nuthe, in diese wird der hölzerne Fensterrahmen r eingeschoben.

Fig. 449 A — D.



Besonders bei breiten Mauern wendet man Rahmstücke an, da hier die mehrfach gekuppelten Säulen nicht

besonders gut aussehen, diese schwierig zu verstecken sind, und eine Befestigung des hölzernen Fensterrahmens bei letzteren umständlich ist.

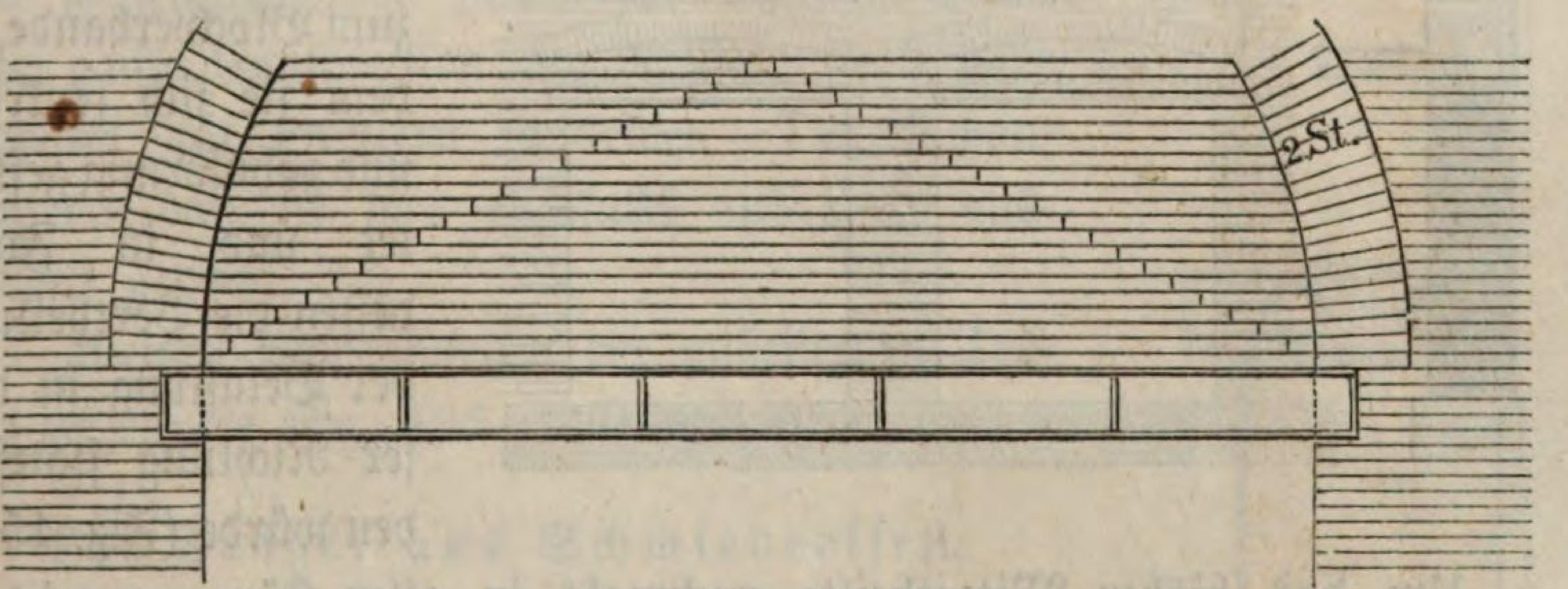
Die Stützpunkte der Träger ruhen am zweckmäßigsten auf einer breiten Auflageplatte, damit der Druck auf die Mauermasse möglichst gleichmäßig vertheilt wird. Die Stärke dieser Platte beträgt cr. 3 cm ($1\frac{1}{4}''$).

Für die Dimensionen des Trägers sind in Fig. 446 A die Grenzen angegeben. Die Höhe wird, je nach der Belastung, 26—36 cm (10—14″) gemacht, die Breite der Flanschen richtet sich ebenfalls nach der Belastung und nach der Breite des zum Auflager dienenden Mauerwerkes.

Die Stärke des Steges genügt mit 2,5—3 cm ($1—1\frac{1}{4}''$), während die Dicke des unteren Flansches 4 cm ($1\frac{1}{2}''$) und die des oberen 2 cm ($\frac{3}{4}''$) betragen kann; ferner dürfen Versteifungsrippen von 3 cm ($1\frac{1}{4}''$) nie fehlen.

Um die Träger nicht unnütz zu belasten, pflegt man das darüber befindliche Mauerwerk, wie bei den Thür- und Fensteröffnungen, mittels Entlastungsbögen aufzufangen (Fig. 450). Die wirksamste Form

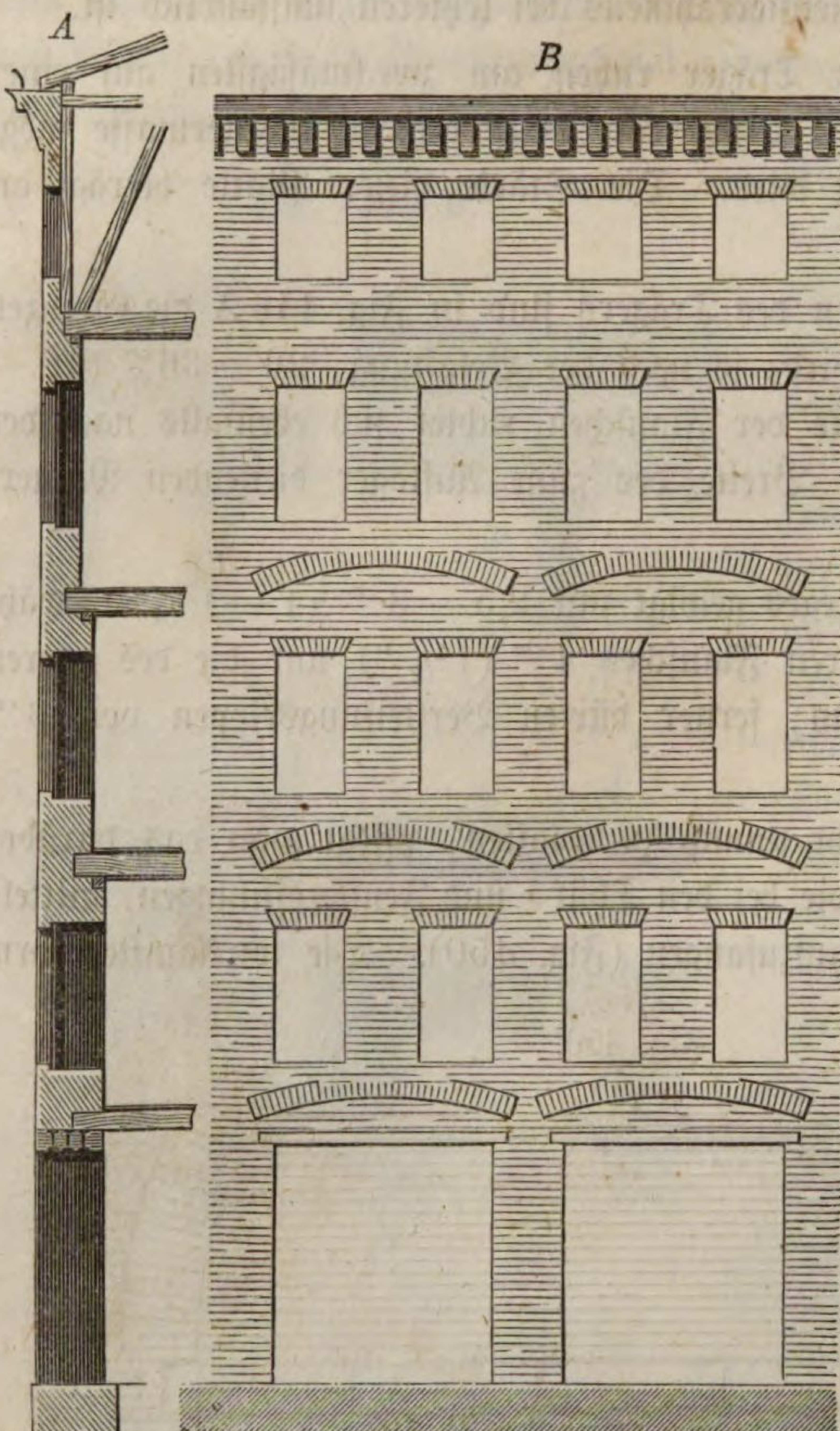
Fig. 450.



für den Entlastungsbogen ist der Halbkreis, dessen Verwendung jedoch meistens nur bei den Zwischenmauern möglich ist, da zwischen den Etagenfenstern selten genügende Höhe zu seiner Herstellung ist.

Fig. 451 zeigt die Anwendung derartiger Entlastungsbögen bei einem fünfstöckigen Gebäude. Sie sind als Segmentbögen gemauert, und beträgt die mittlere Bogenstärke $1\frac{1}{2}$ und die untere 2 Stein. Die großen Räume im Parterre sind mit gußeisernen Trägern überdeckt und ebenfalls entlastet.

Fig. 451.



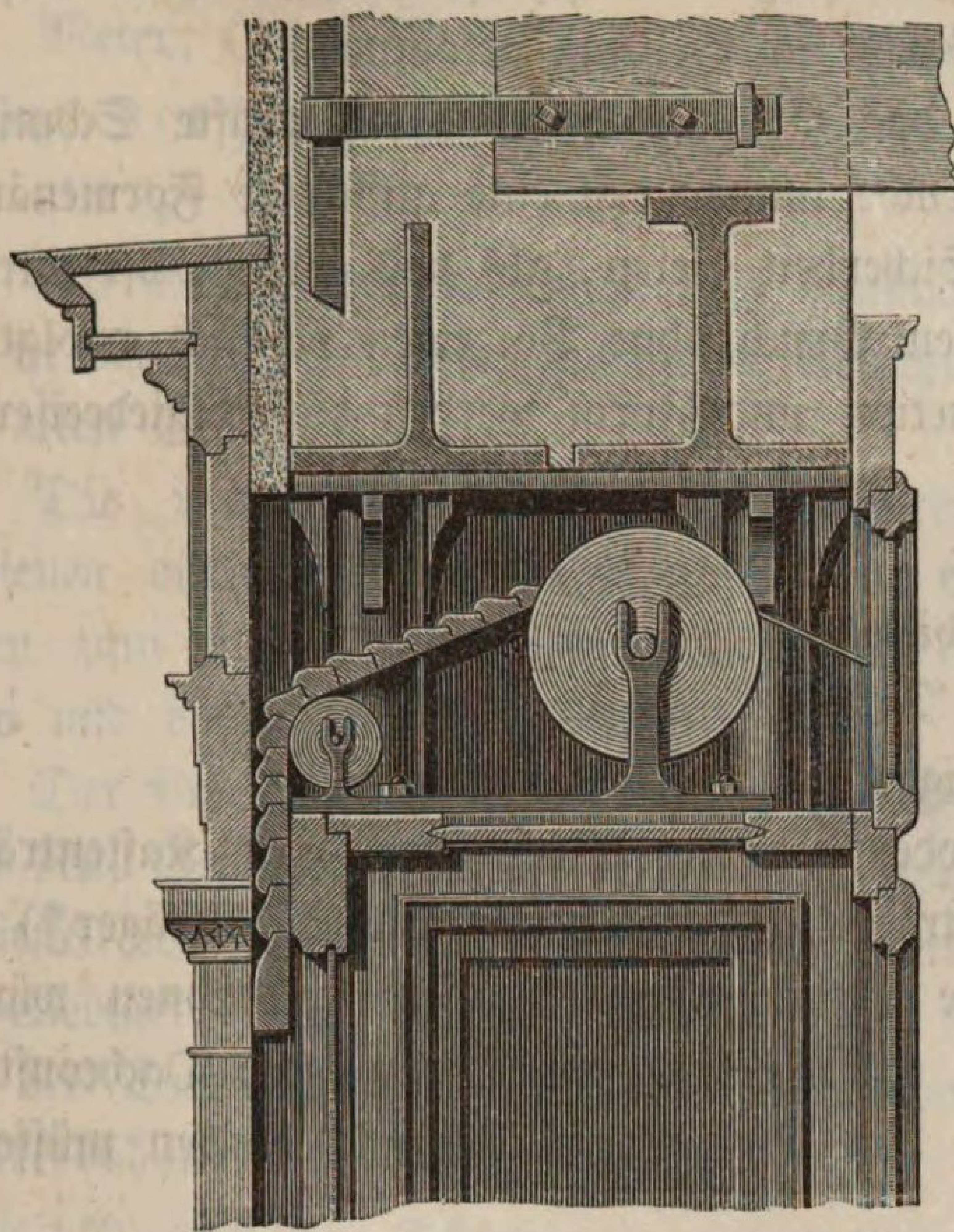
Bei der statischen Berechnung pflegt man die Entlastung nicht in Betracht zu ziehen, während dieselbe in Wirklichkeit, ohne weitere Kosten zu verursachen, der Construction eine erheblich größere Sicherheit gewährt.

Die **Mauerung** über freischwebenden resp. eisernen Balken muß stets im Kreuzverband geschehen, weil die Bruchlinie dieses Verbandes in schräger abgetreppter Linie liegt, im Gegensatze zum Blockverbande, bei dem sie sich senkrecht und zahnförmig gestaltet und in Folge dessen die Vertheilung der Belastung in dieser Richtung stattfinden würde (Fig. 450).

Um das bisher Mitgetheilte nochmals in aller Kürze zu wiederholen, sei eine Zusammensetzung aller Constructionstheile zu einem Ganzen bei einer Schaufensteranlage gegeben.

Fig. 452 sei der Grundriß eines Schaufensters; die weit freiliegenden Träger werden an zwei Stellen von 2 gekuppelten Säulen unterstützt, so daß drei Oeffnungen entstehen. Von diesen ist die mittlere Oeffnung die größere, und zur Seite derselben liegt der Eingang; schließlich werde die ganze Eisenconstruction mit Holz umkleidet. Fig. 453 giebt den Querschnitt. Wie aus der Zeichnung zu ersehen, unterstützen

Fig. 453.



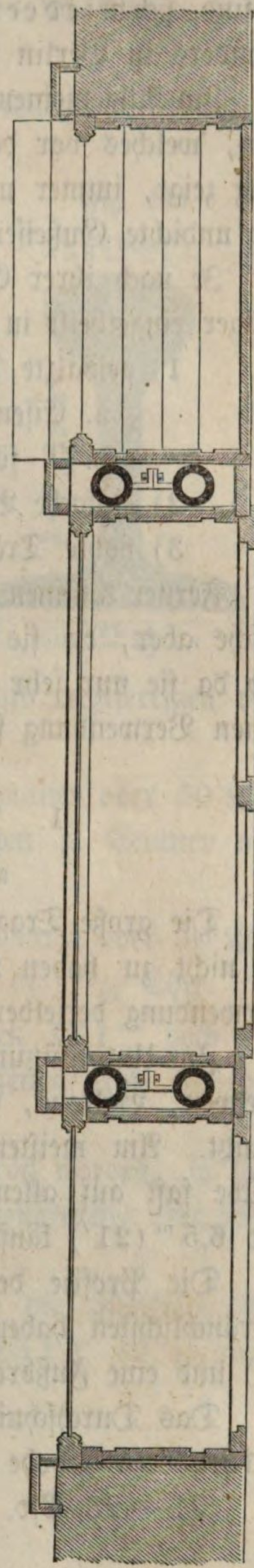


Fig. 452.

die Säulen die Träger in der Art, daß ihnen eine gemeinschaftliche Platte als Auflager dient. Die ganze Construction der Rolljalousie*) wird alsdann mit Brettern umkleidet. Der Schaufenstervorbau ist hier ebenfalls aus Holz ausgeführt gedacht.

Weitere Anwendungen der gußeisernen Träger zeigen die Fig. 492, 520 und 529.

Die Träger aus Schmiedeeisen.

Die große Dehnbarkeit des Schmiedeeisens seine bedeutende absolute**) Festigkeit und Zähigkeit befähigen dasselbe zu Constructionen, die weder in Holz noch in Stein ausgeführt werden können.

Obgleich das Schmiedeeisen bei Brücken, Dächern ꝛc. schon lange zur Verwendung kam,

*) Ueber Rolljalousien siehe Abtheilung VI. **) resp. relative.

so sind schmiedeeiserne Träger doch erst in den letzten Jahren, besonders in Berlin und Paris zur Geltung gekommen.

Im Allgemeinen wird das zähe und seltener fehlerhafte Schmiedeeisen, welches vor dem Bruche immer erst eine auffällige Formenänderung zeigt, immer mehr Sicherheit bieten, als das spröde, oft unreine und undichte Gußeisen, dessen Bruch ohne Vorzeigen plötzlich erfolgt.

Je nach ihrer Construction und Form werden die schmiedeeisernen Träger eingetheilt in:

1) gewalzte Träger,
   a. Eisenbahnschienen,
   b. T-förmige Träger,
2) einfache Blechträger,
3) hohle Träger, oder doppelte Blechträger, auch Kastenträger.

Ferner kommen Gitterträger, Parabelträger und Sichelträger*) vor, welche aber, da sie unsere Betrachtungen zu sehr ausdehnen würden und da sie nur sehr selten, z. B. bei großen Decken- und Dachconstructionen Verwendung finden, hier ohne Berücksichtigung bleiben müssen.

1. Die gewalzten Tragbalken.

a) Die Eisenbahnschienen als Träger.

Die große Tragfähigkeit dieser Schienen, ihre günstige Form, sowie die nicht zu hohen Kosten, haben in neuerer Zeit die mannigfaltigste Verwendung derselben zur Folge gehabt.

Zur Unterstützung größerer Maueröffnungen, der Wölbungen, Decken, Treppen, Balkone, Erker 2c. werden sie fast in allen größeren Städten benutzt. Am meisten empfehlen sich alte gebrauchte Eisenbahnschienen, welche fast auf allen Bahnen in Längen von 4,7 m (15′), 5,6 m (18′) und 6,5 m (21′) käuflich sind.

Die Profile der Schienen (Fig. 454) sind sehr verschieden; die gebräuchlichsten haben eine Höhe von 10,5 — 11,8 — 13,1 cm (4, 4½, 5″) und eine Fußbreite von 8,4 — 9,1 — 10,5 cm (3¼, 3½, 4″).

Das Durchschnitts-Gewicht stellt sich wie folgt:

13,1 cm (5″) hohe Schienen wiegen cr. 34 — 37 Kilogr. p. lfd. Meter, (21 — 23 Pfd. p. Fuß),

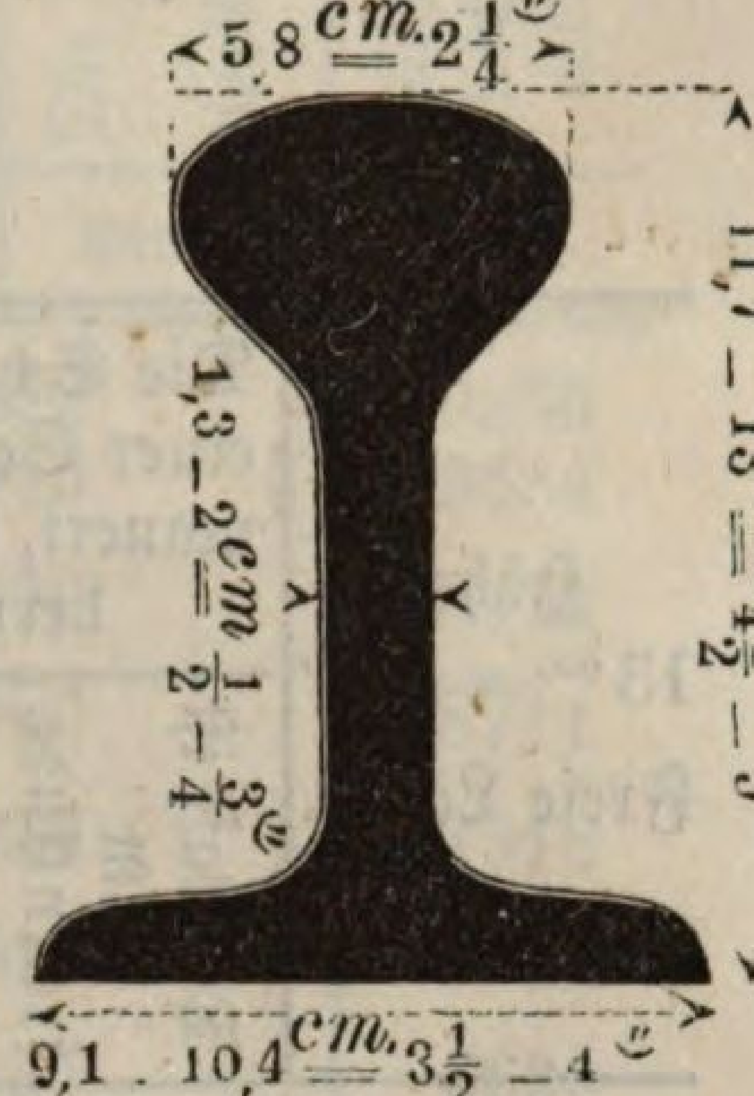
---

*) Ausführliches hierüber siehe in „Brandt, Eisenconstructionen." Einzelne Beispiele sind diesem Werke entlehnt und hier aufgenommen.

11,8 cm (4½") hohe Schienen wiegen cr. 32—35 Kilogr. p. lfd. Meter, (20—22 Pfd. p. Fuß).

10,5 cm (4") hohe Schienen wiegen cr. 31—34 Kilogr. p. lfd. Meter, (19½—20 Pfd. p. Fuß).

Fig. 454.



Die Gewichtsverschiedenheit liegt hauptsächlich in der größeren oder geringeren Abnutzung der alten Schienen.

Die Verwendung noch nicht befahrener Schienen dürfte nicht anzurathen sein, da dieselben zum großen Theile fehlerhafter als die alten und daher nicht so zuverlässig sind.

Der Preis der Schienen wird in der Regel nach dem Gewichte berechnet und ist für ganze Schienen etwas niedriger als für Stücke, welche in beliebiger Länge geliefert werden. Die Arbeit des Durchschlagens und der entstehende Verlust rechtfertigen diese Preiserhöhung. Es kosten in Berlin:

13,1 cm (5") hohe Schienen in ganzer Länge p. Centner oder 50 Klgr. cr. 3⅙ Thlr., dieselben in beliebigen Längen p. Centner oder 50 Klgr. cr. 3⅓ Thlr.

10,5 cm (4") hohe Schienen in ganzer Länge p. Centner oder 50 Klgr. cr. 2⅙ Thlr., dieselben in beliebigen Längen cr. 2⅓ Thlr.

Hiernach würde der laufende Meter Schienen 13,1 cm hoch 2⅓ Thlr., 10,5 cm hoch 1½ Thlr. kosten. Der laufende Fuß 5" hoch 22 Sgr., 4" hoch 14 Sgr.

Würde die Belastung für eine Schiene zu groß werden, so kann man zwei nehmen, die mit ihren Flanschen zusammengenietet oder besser verschraubt werden.

Die nachfolgenden Tabellen G und H geben die zulässigen Belastungen der einfachen und zusammengesetzten 13,1 cm (5") hohen Schienen.

G. Tabelle über die Tragfähigkeit der einfachen Eisenbahnschienen in Meter- und rheinischem Maß.



Höhe: 13 cm = 5″ Freie Länge.		Die Schiene ist auf einer Seite fest vermauert, auf der andern frei.		Die Schiene liegt auf beiden Enden auf.		Die Schiene ist auf beiden Enden vermauert.	
		Die Last ist am freien Ende.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.	Die Last ist in der Mitte.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.	Die Last ist in der Mitte.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt
Zoll.	cm.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.
12	31	7264	14542	29106	58216		87326
15	39	5806	11628	23283	46571		69860
18	47	4832	9684	19401	38808		58216
21	55	4136	9295	16628	33262		49898
24	63	3613	7252	14548	29103		43660
27	71	3202	6440	12930	25868		38808
30	78	2878	5790	11636	23280		34926
33	86	2611	5258	10576	21161		31749
36	94	2388	4814	9693	19397		29103
39	102	2188	4437	8946	17903		26863
42	110	2035	4114	8306	16613		24943
45	118	1893	3834	7740	15513		23279
48	126	1769	3588	7264	14541		21823
51	133	1659	3371	6835	13685		20538
54	141	1560	3178	6454	12923		19397
57	149	1472	3004	6113	12222		18375
60	157	1393	2848	5808	11630		17455
63	165	1320	2706	5528	11072		16622
66	173	1254	2577	5275	10372		15865
69	180	1194	2459	5044	10106		15175
72	188	1137	2350	4832	9684		14542
75	196	1083	2250	4638	9295		13959
78	204	1038	2158	4458	8936		13421
81	212	993	2071	4291	8603		12923
84	220	952	1991	4136	8294		12460
90	235	876	1846	3857	7739		11628
96	251	809	1719	3613	7251		10898

Höhe: 13 cm = 5″ Freie Länge.		Die Schiene ist auf einer Seite fest vermauert, an der andern frei.		Die Schiene liegt mit beiden Enden auf.		Die Schiene ist an beiden Enden vermauert.	
		Die Last ist am freien Ende.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.	Die Last ist in der Mitte.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.	Die Last ist in der Mitte.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.
Zoll.	cm.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.
102	267	749	1606	3397	6822		10255
108	282	696	1504	3206	6440		9684
114	298	647	1413	3034	6098		9172
120	314	662	1330	2879	5790		8711
132	345	524	1185	2601	5257		7912
144	377	456	1062	2388	4813		7251
156	408	307	957	2198	4437		6690
168	439	—	864	2036	4115		6208
180	471	—	782	1893	3822		5790
192	502	—	709	1769	3588		5424

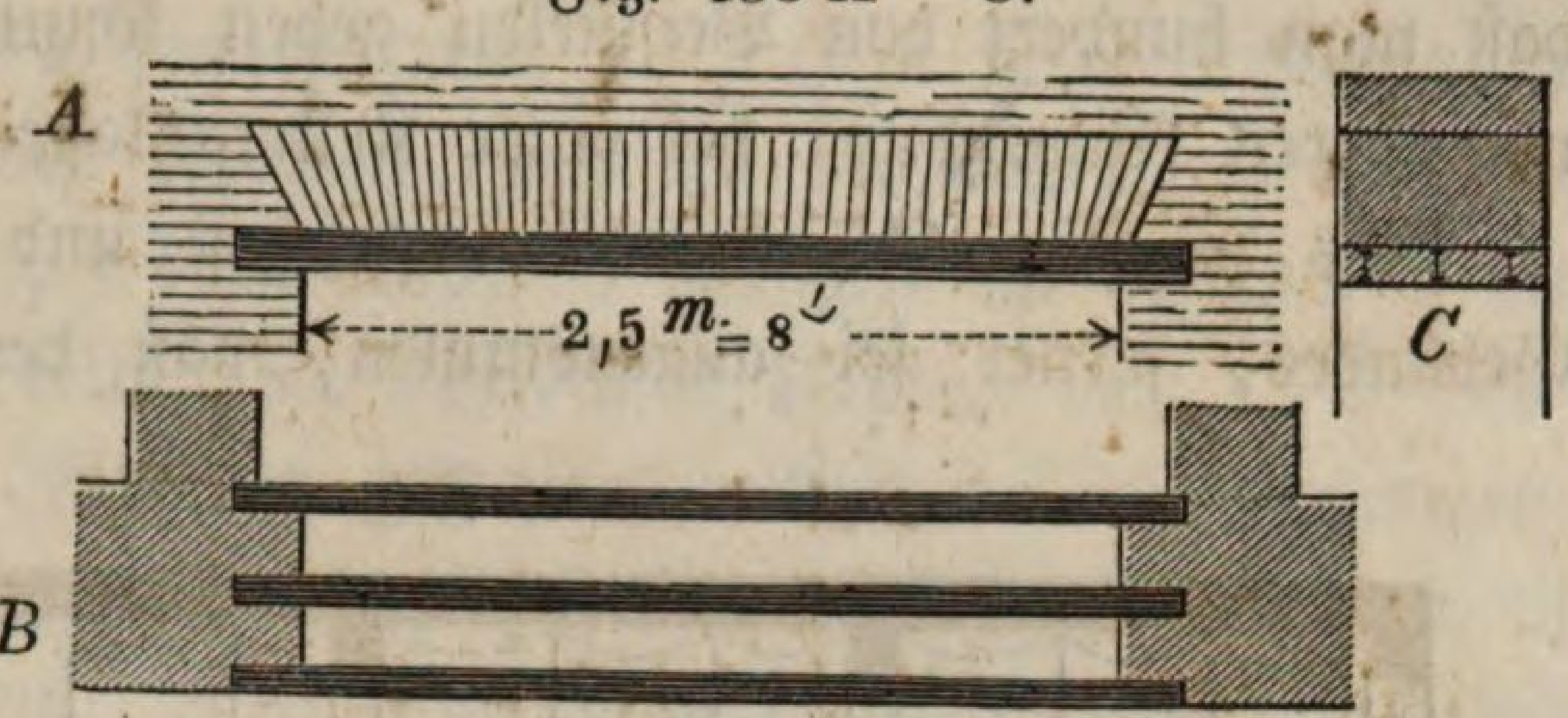
H. Tabelle über die Tragfähigkeit der doppelten Eisenbahnschienen.

Höhe: 26 cm = 10″ Freie Länge.		Die Schiene ist auf einer Seite fest vermauert, an der andern frei.		Die Schiene liegt mit beiden Enden auf.		Die Schiene ist an beiden Enden vermauert.	
		Die Last ist am freien Ende.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.	Die Last ist in der Mitte.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.	Die Last ist in der Mitte.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.
Zoll.	cm.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.
12	31	21777	43579	87201	174409		261619
15	39	17410	34852	69758	139524		209293
18	47	14497	29031	58129	116568		194410
21	55	12414	24872	49822	99655		149492
24	63	10851	21752	43591	87185		130803
27	71	9633	19323	38745	77504		116268
30	78	8685	17579	34867	69750		104649
33	86	7859	15787	31694	63406		95124
36	94	7192	14459	29050	58119		87185
39	102	6627	13335	26812	53646		80486

Höhe: $26^{cm} = 10''$ Freie Länge.		Die Schiene ist auf einer Seite fest vermauert, an der andern frei.		Die Schiene liegt mit beiden Enden auf.		Die Schiene ist an beiden Enden vermauert.	
		Die Last ist am freien Ende.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.	Die Last ist in der Mitte.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.	Die Last ist in der Mitte.	Die Last ist gleichmäßig vertheilt.
Zoll.	cm.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfund.
42	110	6141	12370	24894	49811		74734
45	118	5720	11533	23229	64484		69750
48	126	5350	10801	21777	43579		65389
51	133	5023	10153	20492	41011		61539
54	141	4732	9577	19351	39731		58120
57	149	4671	8061	16329	34851		54059
60	157	4235	8595	17410	33188		52303
63	165	4021	8174	16577	32689		49810
66	173	3826	7890	15821	31677		47545
69	180	3647	7439	15130	30296		45476
72	188	3483	7117	14496	29030		43578
75	196	3332	6820	13914	27867		41833
78	204	3191	6545	13375	26792		40222
81	212	3061	6291	12877	25797		38730
84	220	2939	6054	12414	24862		37345
87	227	2825	5833	11983	24011		36054
90	235	2719	5626	11580	23208		34851
93	243	2619	5432	11204	22456		33748
96	251	2525	5250	10850	21751		32669
99	259	2436	5079	10518	21089		31676
102	267	2352	4917	10206	20466		29743
105	275	2272	4764	9911	19878		29462
108	282	2197	4619	9633	19323		29029
114	298	2057	4352	9120	18299		27499
120	314	1930	4110	8658	17379		26120
126	330	1813	3890	8239	16544		24871
132	345	1707	3689	7849	15787		23738
138	361	1608	3504	7511	15094		22701
144	377	1516	3333	7192	14459		21751
150	392	1431	3175	6898	13874		20877
156	408	1352	3029	6626	13334		20070
162	424	1277	2892	6375	12835		19322
168	439	1207	2784	6141	12370		18628
174	452	1140	2644	5293	11936		17980
180	471	1078	2531	5719	11532		17378
186	486	1019	2425	5529	11155		16813
192	502	962	2325	5350	10800		16282

Bei größeren Oeffnungen, welche gerade Sturze erhalten sollen, ist die Unterstützung durch Eisenbahnschienen sehr einfach; diese werden in der nöthigen Anzahl und, außer den Ecken, ohne Verankerung über die Oeffnungen gelegt und wenn möglich entlastet. Fig. 455 A B C zeigt die Einfahrt eines Hauses in der Breite von 2,5 m (8'). Hierbei kann man die Oeffnungen in der Frontwand durch drei neben einander liegende 13,1 cm (5'') hohe Schienen bedecken, die entstehenden Zwischenräume gut vermauern und darüber einen 2 Stein starken, scheitrechten Entlastungsbogen in Cement wölben.

Fig. 455 A — C.



Diese Schienen können, wenn sich 1 m ($3\frac{1}{2}$') breite Fenster darüber befinden, eine Mauer von 3 Stockwerken, in Höhen von $3\frac{3}{4}$, $3\frac{1}{2}$ und 3,14 m (12, 11 und 10'), welche $2\frac{1}{2}$, 2 und $1\frac{1}{2}$ Stein Stärke haben, auffangen. Die Last der Balkenlage darf aber natürlich nicht auf dieser Mauer ruhen, denn wie die Rechnung nachweist, übt dieses Mauerwerk schon einen Druck von cr. 27000 Pfund aus, so daß jede Schiene cr. 9000 Pfund zu tragen hätte. Nach Tabelle G wäre diese Belastung zu groß, sie würden aber in der Praxis noch genügende Sicherheit bieten, wenn über sämmtlichen Trägern, nach Fig. 451, Entlastungsbögen vorhanden wären. Erscheint trotzdem größere Sicherheit geboten, so müßte man 4 Schienen neben einander legen oder zwei Paar gekuppelte Schienen, von den später die Rede sein wird, anwenden.

Fig. 456 A — C.

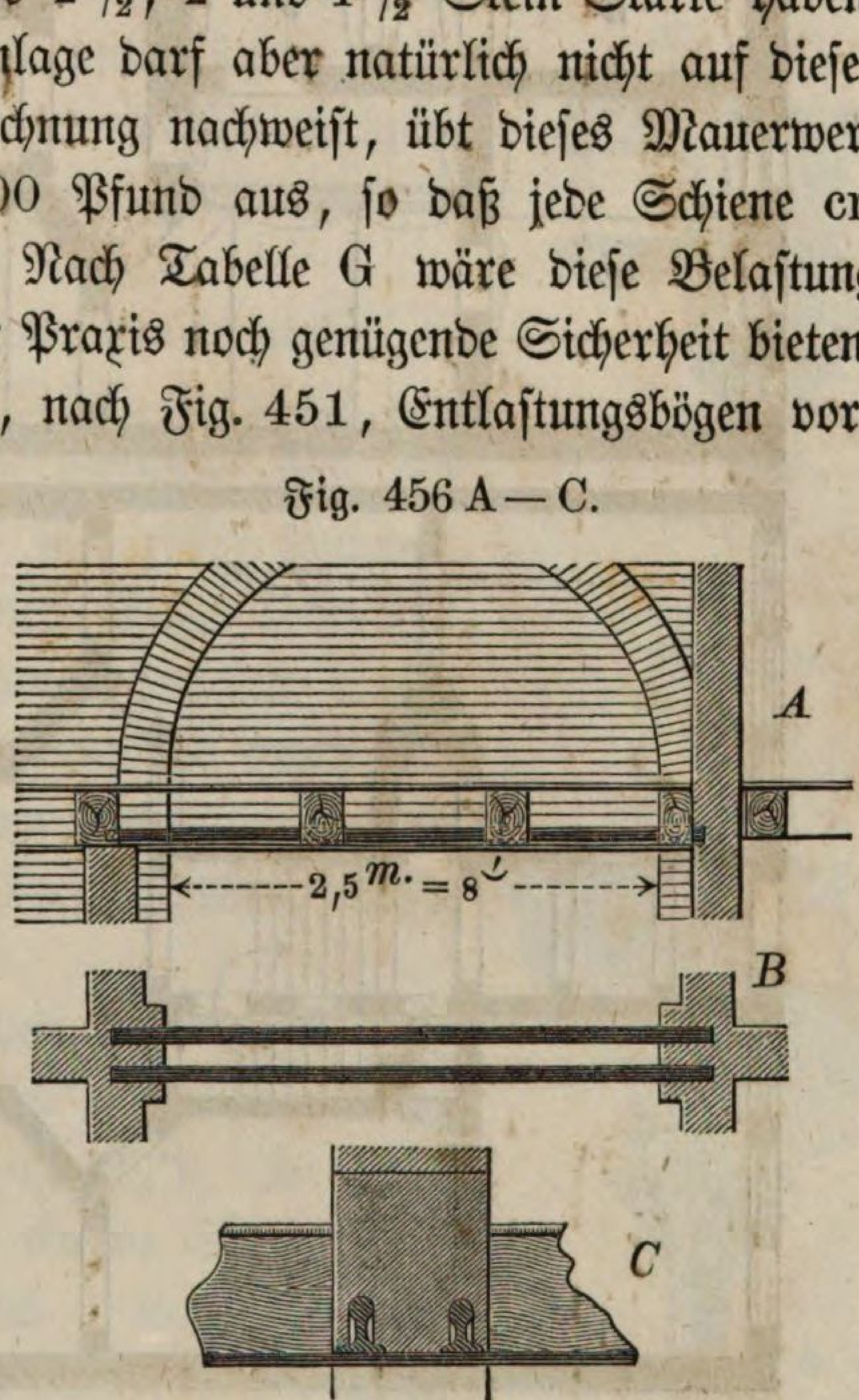


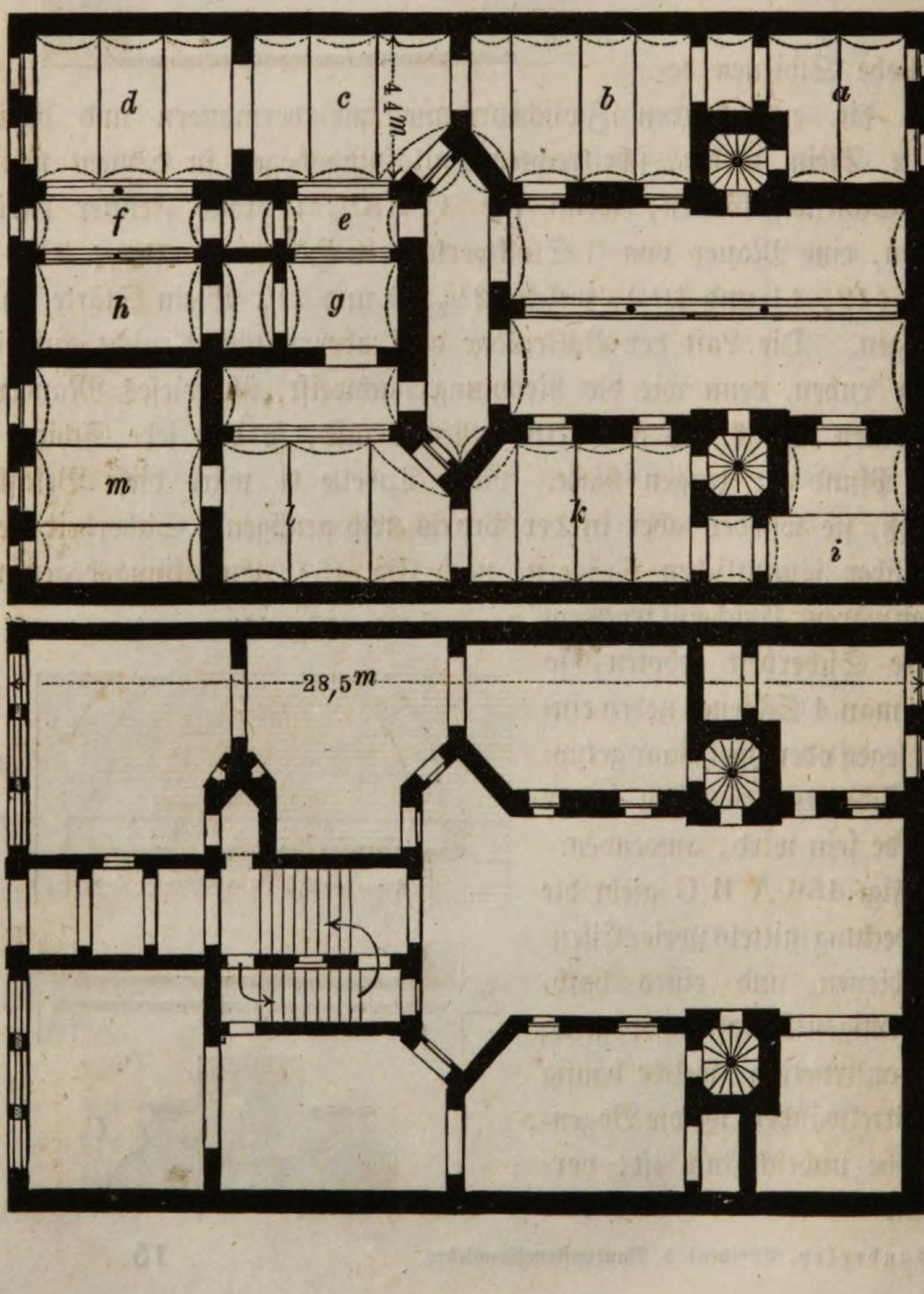
Fig. 456 A B C giebt die Ueberdeckung mittels zweier Eisenbahnschienen und eines halbkreisförmigen Entlastungsbogens; eine Construction, welche häufig bei Mittelwänden, wo die Bogenpfeilhöhe unbeschränkt ist, vorkommt.

Sollen die tragenden Schienen nicht sichtbar sein, so müssen die Balken ausgeschnitten werden, jedoch so, daß sie genau auf die Schienen passen und noch etwas Auflager auf den Flanschen erhalten. Der Durchschnitt Fig. 456 C zeigt diese Ausschnitte.

Die Anwendung der Eisenbahnschienen ist eine so mannigfaltige, daß man hundert von Beispielen geben könnte, wir wollen daher hier noch deren Anwendung bei einer Kelleranlage zeigen.

Es sei Fig. 457 das Kellergeschoß und die Parterreanlage eines Gebäudes, ferner sei angenommen, daß der ganze Keller überwölbt

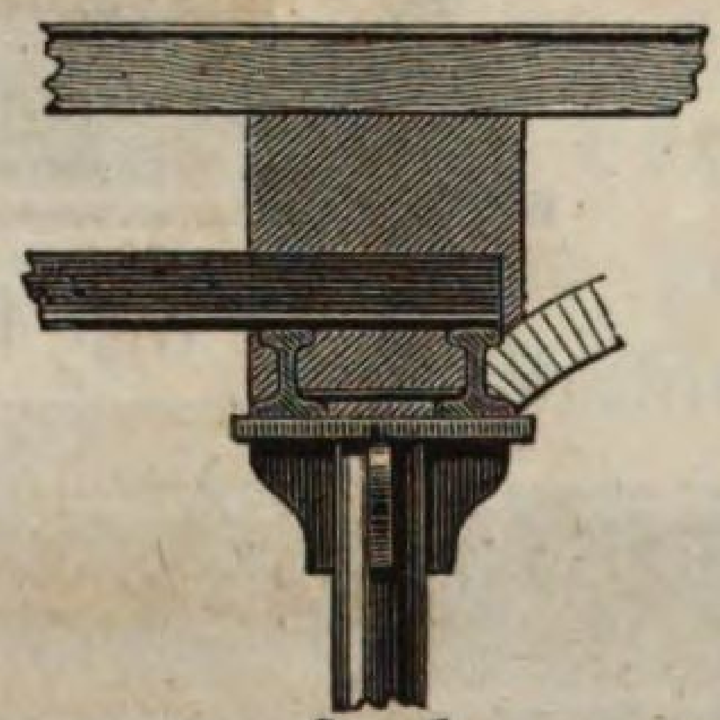
Fig. 457.



werde und zwar größtentheils auf Eisenbahnschienen, die Höhe des Kellers von der Sohle bis zur Unterkante der Schienen betrage 2,2^{m} (7′), das Erdgeschoß liege über dem Straßenpflaster und habe eine lichte Höhe von 4^{m} (13′). Im Keller werden möglichst große freie Räume gefordert, weshalb der Hof noch zu unterkellern sei. Die Räume der beiden Seitenflügel a b und k können dann 13^{cm} (5″) hohe Schienen, welche 4,38^{m} (13′) freiliegen, erhalten, und da die Räume a $3^{3}/_{4}$^{m} (12′), b und k je 7^{m} ($22^{1}/_{2}$′) breit sind, so genügen im ersteren 2 Kappen von je 1,88^{m} (6′) Breite, im letzteren 4 Kappen von 1,75^{m} (5′ 7″) Breite, welche durch Schienen getragen werden. Diese verlangen aber in der Mitte eine Unterstützung durch eine Säule oder einen Pfeiler, da sie sonst durchbiegen. Wird eine solche Unterstützung nicht gewünscht, so sind doppelte über einander liegende Eisenbahnschienen zu empfehlen.

Die Gewölbe können alle $^{1}/_{2}$ Stein zur Stärke erhalten. Die Räume d und c lassen sich, der Oeffnungen in der Mittelwand wegen, schwer so einwölben, daß die Schienen rechtwinklig zur Front zu liegen kommen; deshalb muß ein Träger, aus zwei Schienen bestehend, dieselben unterstützen. Fig. 458 zeigt einen solchen Träger im Durchschnitt nach d f; durch eiserne Säulen wird die freiliegende Länge noch halbirt.

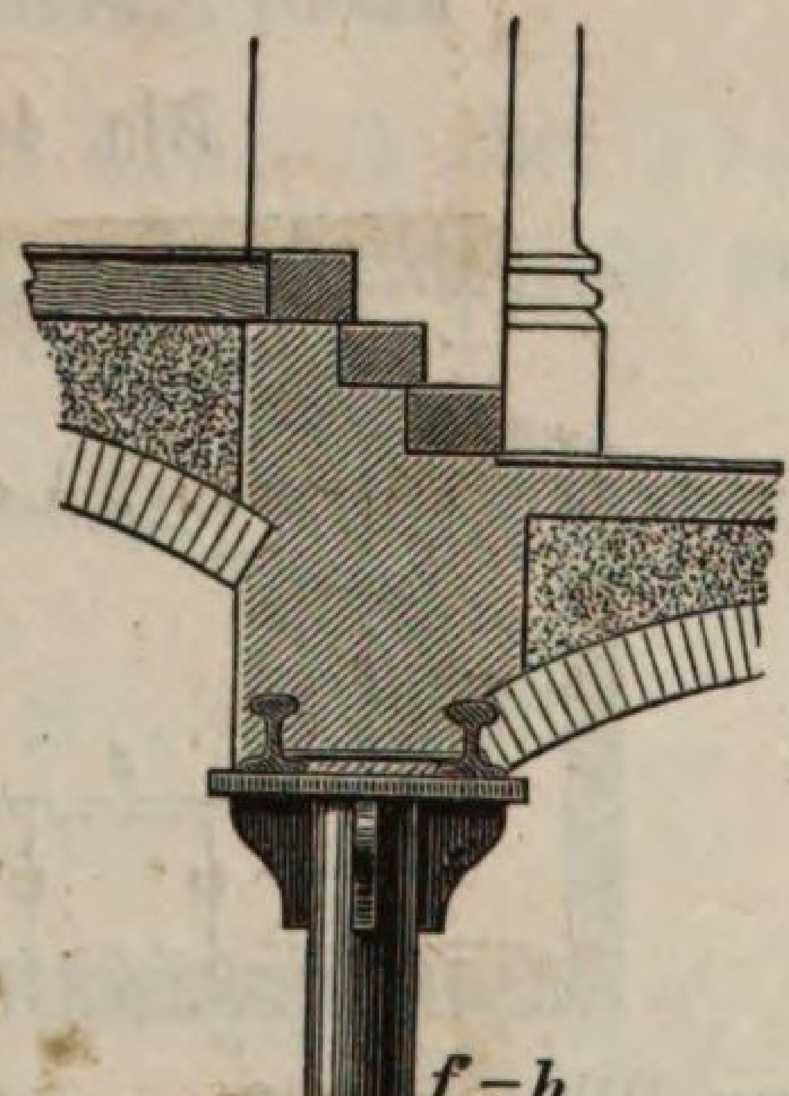
Fig. 458.



d − f

Fig. 459 zeigt den Durchschnitt nach f h. Da nun die Einfahrt 39^{cm} (15″) tiefer als das Erdgeschoß liegt, muß das Gewölbe und der Schienenträger ebenfalls so viel tiefer kommen, wodurch der Keller an dieser Stelle bedeutend an Höhe verliert. Die Mauer zwischen e und g (Fig. 457) geht als Treppenwand durch alle Stockwerke, was, der großen Belastung wegen, die Anlage von mindestens drei Schienen nöthig macht.

Fig. 459.



f − h

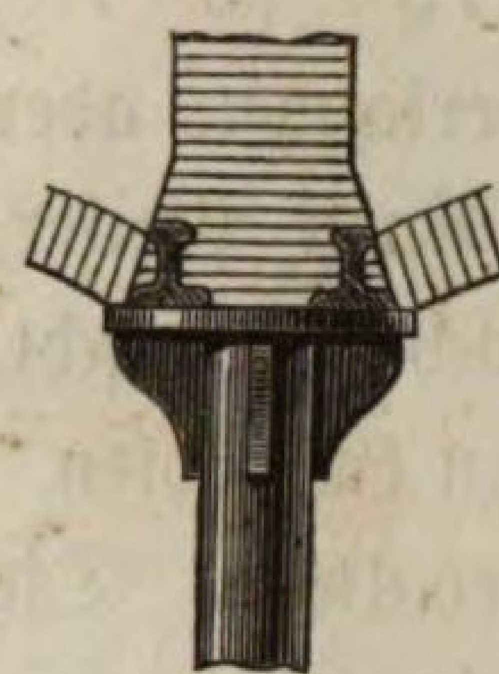
Die Oeffnungen zwischen den beiden vorderen Trägern sollen 5^{m} (16′) messen, unter den hinteren dagegen 3,4^{m} ($10^{3}/_{4}$′). In jeder dieser Oeffnungen steht eine eiserne Säule.

In den Räumen c und d liegen je zwei Schienen, deren freie Länge 4^{m} (13′) beträgt.

Die Breite der eingewölbten Kappen beträgt 1,12 m ($3^1/_4$'). In den Räumen l und m würden gewalzte Eisenbahnträger von doppelt T-förmigem Querschnitte zweckmäßiger sein, da diese freiliegende Länge für Eisenbahnschienen eigentlich schon zu groß ist.

Die Unterwölbung des Hofes könnte ebenfalls am vortheilhaftesten auf T-förmigen Trägern geschehen, welche sich von 2 eisernen Säulen unterstützen lassen. Fig. 460 zeigt den Querschnitt der Schienenträger.

Fig. 460.



Die eingewölbten Kappen unter dem Hofe sind 1 Stein stark und haben eine Breite von 2,5 m (8').

Falls einfache Eisenbahnschienen zur Verwendung kommen sollen, darf die Breite der einzelnen Kappen 1 m nicht überschreiten, bei doppelten Schienen darf dieselbe cr. 1,5—1,75 m betragen.

Das Stoßen der Schienen muß stets über der Säule geschehen, und ist diese Verbindung stets mit Laschen und Schraubenbolzen zu sichern (Fig. 461).

Fig. 461.

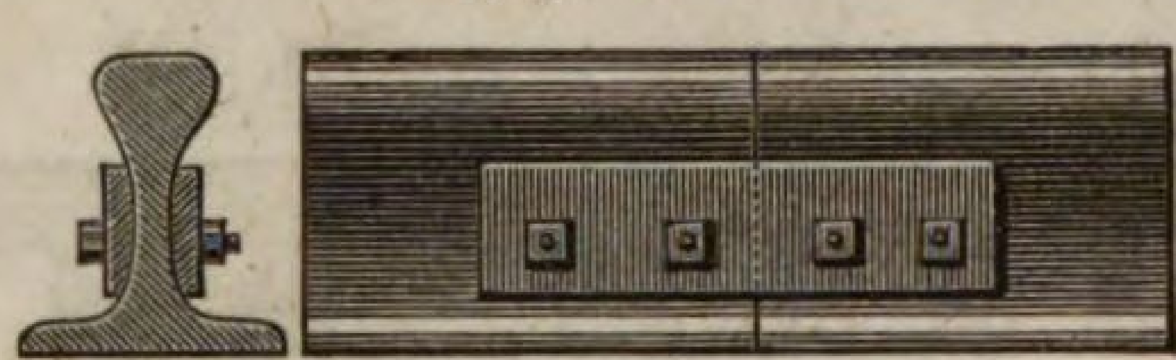


Fig. 462 A B.

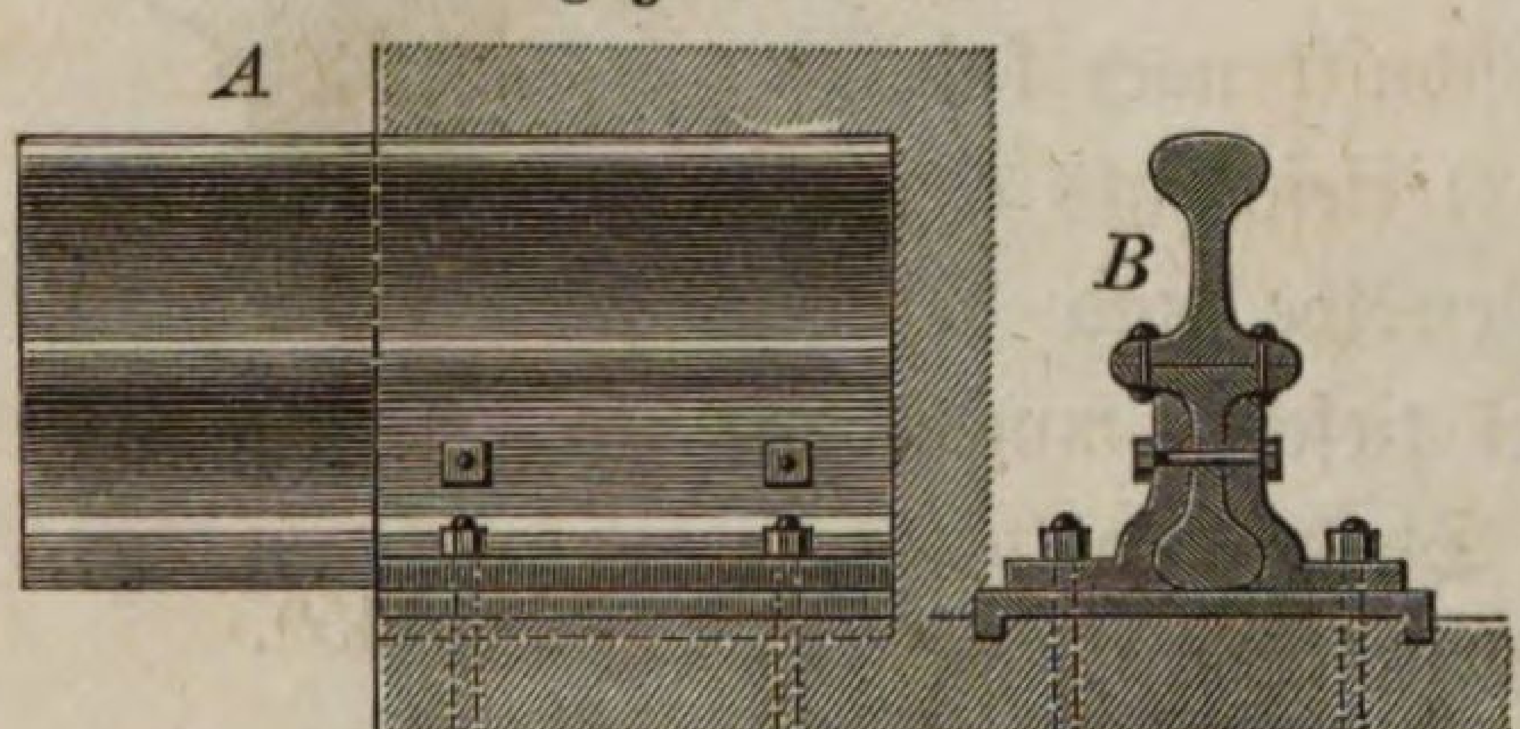
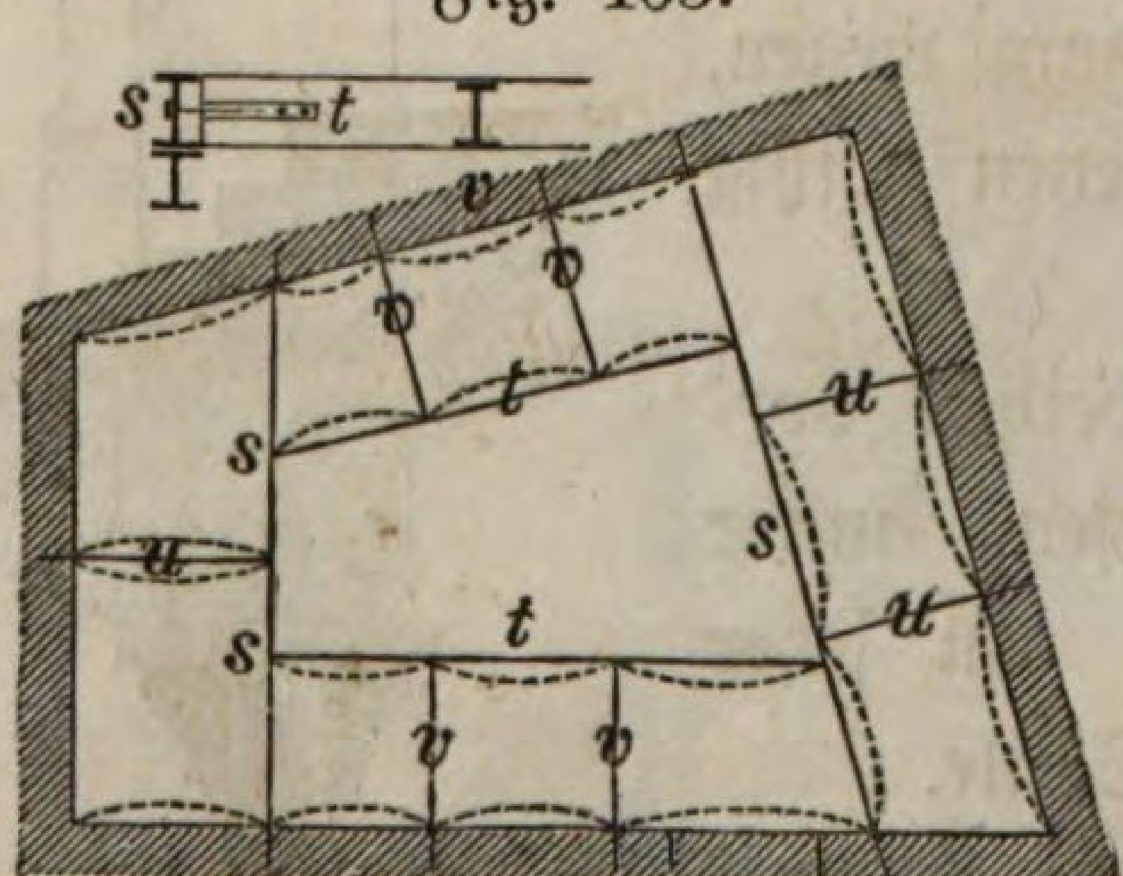


Fig. 463.



Wie schon mehrfach erwähnt, können die Schienen sehr oft mit Erfolg zusammengesetzt werden, um eine größere Tragfähigkeit zu erlangen. Eine derartige Zusammensetzung zeigt Fig. 462 A und B.

In der Regel werden die Flanschen oder Eisenbahnschienen zusammengenietet, obgleich es aus statischen Gründen besser wäre, die Köpfe zusammenzubringen. Die erstere Methode erleichtert aber die Verbolzung der beiden Schienen wesentlich. Um für die zusammengenieteten Schienen ein ordentliches Auflager zu haben, muß noch ein gußeiserner Lagerstuhl, welcher mit dem Mauerwerk verankert wird, vorhanden sein. (Siehe Fig. 502 C.)

In der neuen Synagoge in Berlin ist der durch Oberlicht erleuchtete Closetraum ebenfalls auf Schienen eingewölbt. Zwei Doppelschienen s (Fig. 463) bilden den Hauptträger, auf diesem ruhen kleine Schienen u und die Schienen t, welche wiederum die kleinen v tragen. Der Raum ist ziemlich groß, der entsprechende Gang beträgt etwa 1,50 — 1,90 ^{m} (5 — 6′).

Um Wiederholungen zu vermeiden, verweisen wir noch auf die Figuren 490 und 491, 497 — 502, 506, 514 — 520, 525, 536 und 537.

b. Die T-förmig gewalzten Träger.

Wie schon bei Fig. 457 erwähnt wurde, mußten in einigen der dort besprochenen Räume, wegen der bedeutenden freiliegenden Längen, an Stelle der Eisenbahnschienen T-förmige Walzträger zur Verwendung kommen.

Bei starken Belastungen sind diese Träger stets vortheilhafter als die Eisenbahnschienen, besonders kann man die größeren Dimensionen der doppelten T-Eisen billiger beschaffen, da die Materialmasse in den Façon-Eisen besser vertheilt ist.

Dem Gewichte einer Eisenbahnschiene entspricht ungefähr ein doppeltes T-Eisen von 21 — 23 ^{cm} (8 — 9″) Höhe. Der Preis pro Centner T-Eisen beträgt cr. 4 Thlr. 20 Sgr., bei hohen Profilen jedoch bis 5,75 — 8 ^{m} (18 — 25′) Länge cr. 5 Thlr. 15 Sgr. und bei noch längeren Trägern cr. 6 Thlr. — Die Masse, aus der ein schmiedeeiserner Träger gewonnen wird, soll nicht über 500 Kilogr. wiegen, oder die Länge des Trägers darf nicht über 11 ^{m} (35′) betragen, da sonst die Herstellungskosten zu bedeutend werden und unter solchen Umständen ein Blechträger empfehlenswerth erscheint.

Die schmiedeeisernen Träger können entweder einfach oder doppelt T-förmig gestaltet sein, die letztere Art ist die gebräuchliche und bessere.

Bedeutet H die Höhe und B die Breite des Trägers, so sind bei dem einfachen T-förmigen Träger (Fig. 464):

die Grenzwerthe der Verhältnisse $\begin{cases} B : H = 2 : 1 \\ B : H = 1 : 2. \end{cases}$

Das beste Verhältniß ist B : H = 1 : 1.

Die Grenzwerthe der Dimensionen sind $\begin{cases} H = 25^{cm} \ (9\frac{1}{2}'') \\ B = 15^{cm} \ (3\frac{3}{4}''), \end{cases}$

und wenn B = H, dann B = 21 ^{cm} (8″).

Die größte Stärke des Steges pflegt man $= {}^1/_7 - {}^1/_9\ B = 0{,}20^{cm}$ $({}^3/_4{}'')$ zu nehmen.

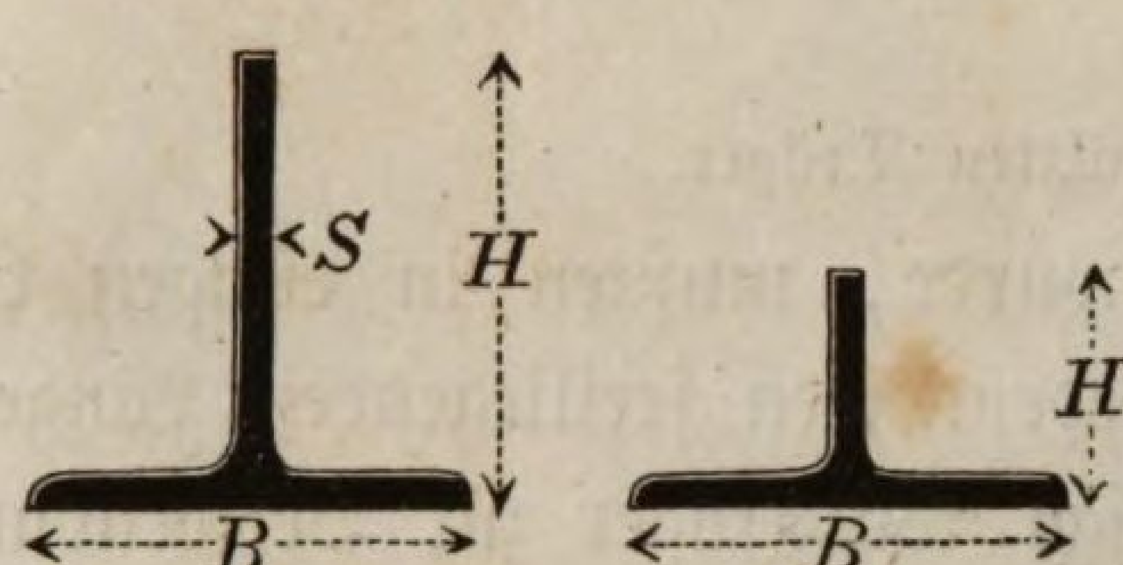
Die Verhältnisse des doppelten T-förmigen Trägers (Fig. 465) sind:

$H = 15^{cm}\ (5\,{}^3/_4{}'')$ bis höchstens $37^{cm}\ (14'')$,

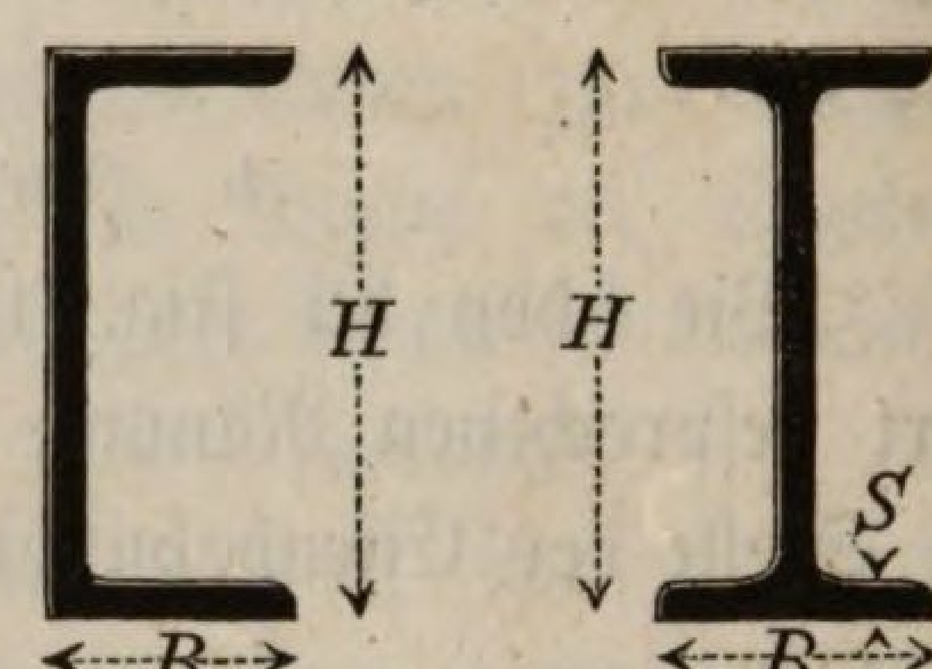
$B = {}^1/_2 - {}^1/_3\ H$,

$s = {}^1/_7 - {}^1/_{10}\ B =$ Maximum $0{,}20^{cm}\ ({}^3/_4{}'')$, Minimum $0{,}6^{cm}\ ({}^1/_4{}'')$.

Fig. 464.



A Fig. 465. B



Die Flanschenstärke pflegt bei kleinen T-Eisen in der Regel gleich der Stegstärke zu sein, während sie bei größeren etwas stärker angenommen wird.

Die schmiedeeisernen Träger werden am besten doppelt T-förmig gestaltet (Fig. 465 A B). Es befindet sich hierbei die neutrale Faserschicht oder Axe genau in der Mitte des Trägers, so daß die Pressung in der obern Hälfte gleich der Spannung in dem untern Theile ist.

Das Trägheitsmoment des doppelt T-förmigen Trägers ist:

$$J = {}^1/_{12}\ (B\,H^3 - b\,h^3)$$

und das Widerstandsmoment

$$W = \frac{J}{e} = \frac{B\,H^3 - b\,h^3}{6\,H}.$$

Beispiel. Die Dimensionen eines Trägers sollen betragen:

$H = 23{,}5^{cm} = 9''$. $\quad h = 20{,}9^{cm} = 8''$.

$B = \ 9{,}1^{cm} = 3\,{}^1/_2{}''$. $\quad b = \ 7{,}8^{cm} = 3''$.

Nach Einsetzung der Werthe ergiebt sich:

für das Metermaß

$$W = \frac{9{,}1 \cdot 23{,}5^3 - 7{,}8 \cdot 20{,}9^3}{6 \cdot 23{,}5} = \frac{46889}{141} = 332{,}5.$$

für das rheinländ. Maß

$$W = \frac{3\,{}^1/_2 \cdot 9^3 - 3 \cdot 8^3}{6 \cdot 9} = \frac{1015}{54} = 18{,}8.$$

Der Träger liege mit beiden Enden frei auf und sei 4,5 m (15′) lang, dann berechnet sich die Tragfähigkeit nach der Formel

$$P = 8 \frac{k\ W}{l},$$

oder wenn für k = 700 Kilogr. pro □cm, 10000 Pfund pro □″ gesetzt wird:

für das Metermaß

$$P = \frac{8 \cdot 700 \cdot 332,5}{450} = \text{cr. } 4150 \text{ Kilogr.}$$

für das rheinländ. Maß

$$P = \frac{8 \cdot 10000 \cdot 18,8}{12 \cdot 15} = \text{cr. } 8300 \text{ Pfd. oder } 83 \text{ Centner.}$$

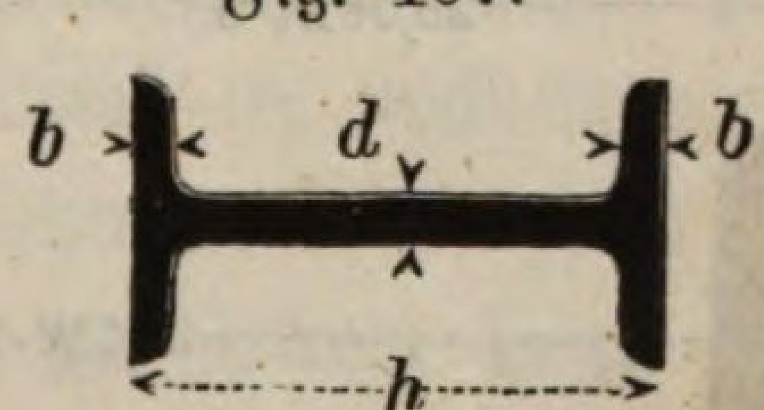
Nehmen wir das Eigengewicht des Trägers pro lfd. Meter mit 38 Kilogr. an, so beträgt das Eigengewicht des ganzen Trägers $4^1/_2$ mal 38 = 171 Kilogr. oder 342 Pfd.

Nach Abzug dieses Eigengewichtes wird die zulässige gleichmäßig vertheilte Belastung cr. 4000 Kilogr. = 8000 Pfund = 80 Centner betragen dürfen.

Die in Fig. 466 A — L dargestellten verschiedenen Façon-Eisen sind dem Preis-Courante der Burbacher-Hütte entnommen; dieselbe hat in Berlin ihre Niederlage bei J. C. Schultze & Sohn Nachfolger.

Nachstehende Tabelle J giebt die Maximal-Belastung für diese Profile an, berechnet nach der Schwedler'schen Formel (Fig. 467):

Fig. 467.



$$\left(P - \frac{G \cdot l}{100}\right) l = 10\,G\,(h - {}^4/_3\,b) - 22\,h\,d\,(h - 2\,b),$$

wobei P die Maximal-Belastung in Kilogr. resp. Centnern bedeutet,

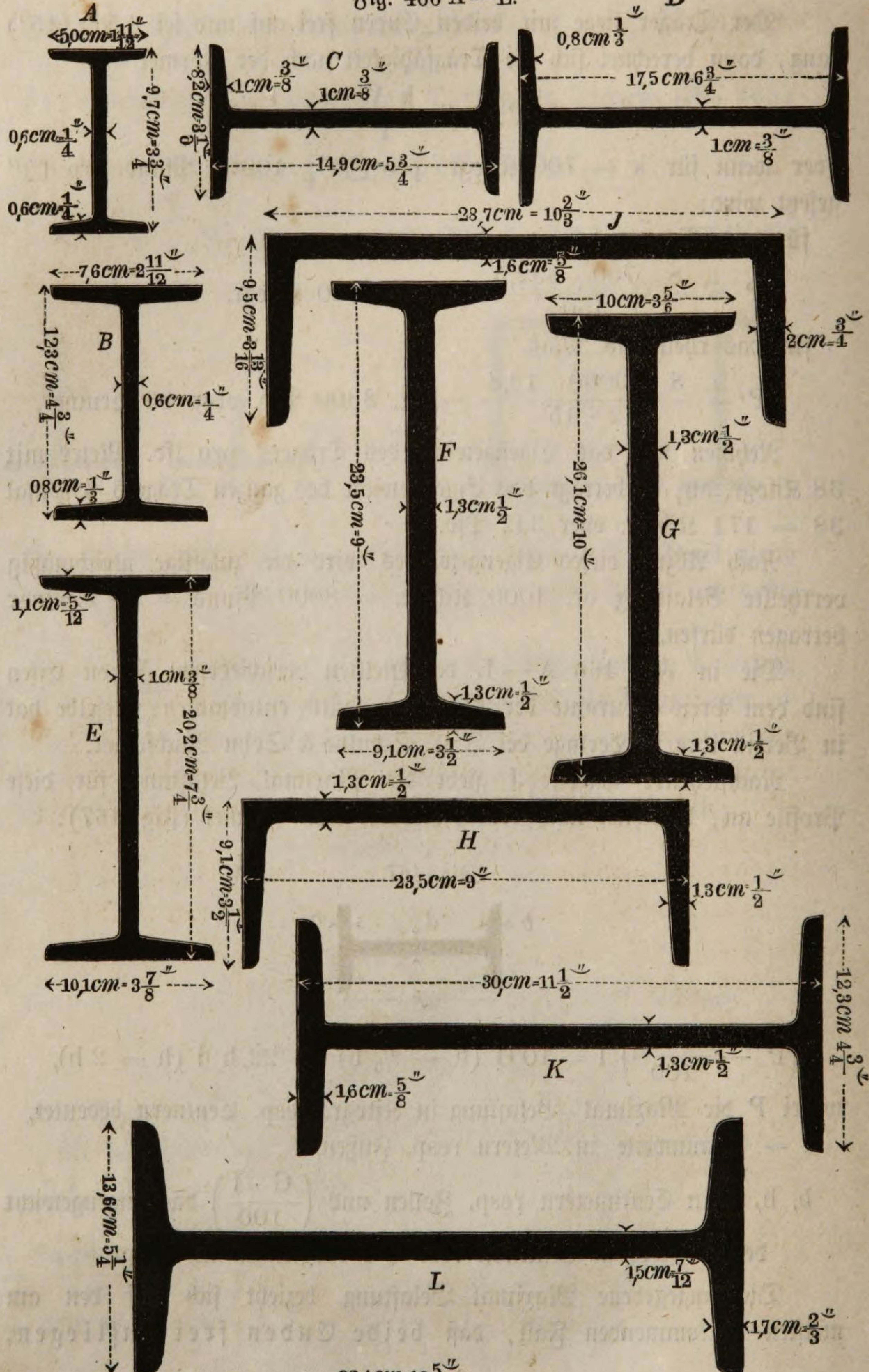
l = Spannweite in Metern resp. Fußen,

b, h, d in Centimetern resp. Zollen und $\left(\frac{G \cdot l}{100}\right)$ das Eigengewicht

des Trägers in Centnern oder G l desgleichen in Kilogr.

Die angegebene Maximal-Belastung bezieht sich auf den am meisten vorkommenden Fall, daß beide Enden frei aufliegen,

Fig. 466 A — L.


A
5,0cm=1 11/12"
9,7cm=3 3/4"
0,6cm=1/4"
0,6cm=1/4"
C
8,2cm=3 1/6"
1cm=3/8"
1cm=3/8"
14,9cm=5 3/4"
D
0,8cm 1/3"
17,5cm 6 3/4"
1cm=3/8"
28,7cm = 10 2/3"
J
1,6cm=5/8"
9,5cm=3 13/16"
2cm=3/4"
7,6cm=2 11/12"
B
12,3cm=4 3/4"
0,6cm=1/4"
0,8cm=1/3"
F
23,5cm=9"
1,3cm 1/2"
1,3cm=1/2"
9,1cm=3 1/2"
10cm=3 5/6"
G
26,1cm=10"
1,3cm 1/2"
1,3cm=1/2"
E
1,1cm=5/12"
1cm 3/8"
20,2cm=7 3/4"
10,1cm=3 7/8"
H
1,3cm=1/2"
9,1cm=3 1/2"
23,5cm=9"
1,3cm=1/2"
K
30cm=11 1/2"
12,3cm 4 3/4"
1,3cm=1/2"
1,6cm=5/8"
L
13,6cm=5 1/4"
1,5cm=7/12"
1,7cm=2/3"
32,4cm=12 5/12"

während die Last gleichmäßig vertheilt ist; sie repräsentirt dann eine 4 bis 6fache Sicherheit.

In der Tabelle ist die gestattete Belastung in Centnern und Kilogrammen für die freiliegende Länge von 1,5 zu 1,5^{m} (5′) gegeben, will man dieselbe jedoch für zwischenliegende Entfernungen berechnen, so dividire man das Biegungsmoment durch die freie Länge in Metern oder Fußen und ziehe das Eigengewicht des ganzen freiliegenden Trägers davon ab.

Beispiel. Für den Balken Profil G (Fig. 466) von 26,2^{cm} (10″) Höhe, 1,3^{cm} ($^1/_2$″) Stegdicke, im Gewicht von 46,99 Kilogr. pr. lfd. Meter, resp. 29$^1/_2$ Pfund pr. Fuß ist bei 5^{m} (16′) freiem Auflager eine gleichmäßige Belastung zulässig von:

in Metermaß

$$\frac{27600}{5} - 5 \cdot 46{,}99 = 5285 \text{ Kilogr.}$$

in rheinländ. Maß

$$\frac{1762}{16} - \frac{16 \cdot 29^1/_2}{100} = 105 \text{ Centner } 40^1/_2 \text{ Pfund.}$$

Ist der Träger an beiden Enden fest verankert und die Last gleichmäßig vertheilt, so kann das Doppelte; ist er hingegen an einem Ende fest verankert und die Last ebenfalls gleichmäßig vertheilt, so kann ein Viertel; ist er ferner an einem Ende fest verankert (wie z. B. bei Balkonen), so kann ein Achtel der in der Tabelle angegebenen Belastung statthaft sein.

Zu der obigen Formel sei noch bemerkt, daß als Coefficient für die Festigkeit des Schmiedeeisens die Zahl 700 beim Metermaß, beim rheinländ. Maß 10000 zu Grunde liegt.

I. Erste Tabelle für die Belastung

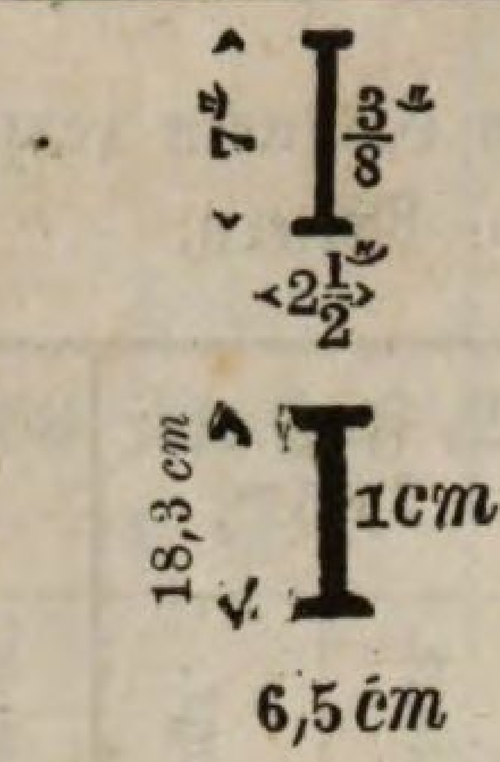
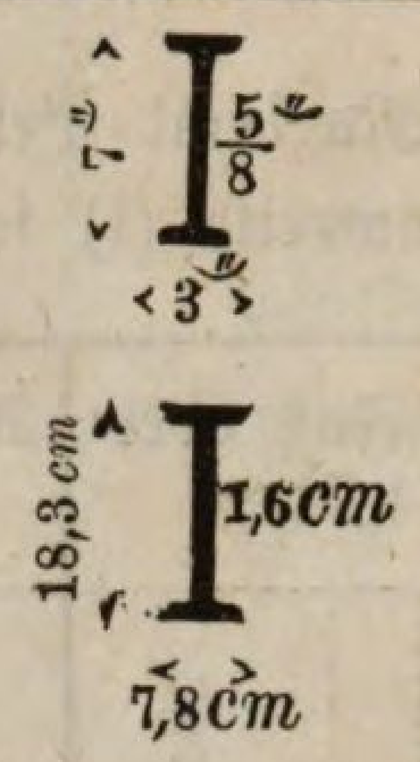
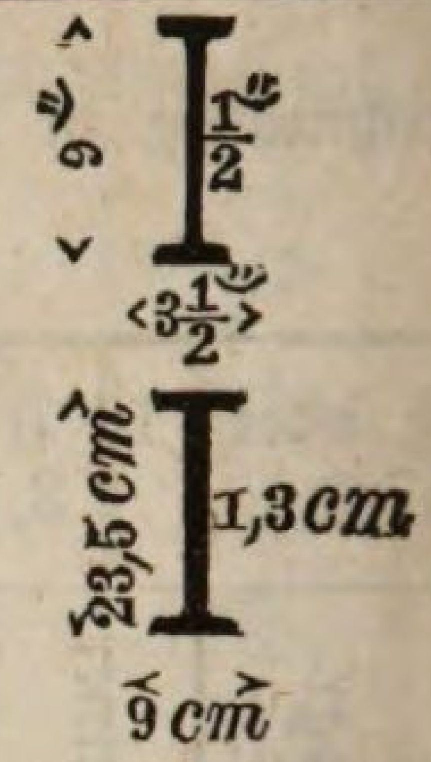
Bezeichnung des Profils.	G. Gewicht per laufender Fuß.	G. Gewicht per laufender Meter.	Höhe des Balkens h in		Stärke des Steges d in		Stärke des Flansches b in		Biegungsmoment. $\left(P + \frac{G\,l}{100}\right) l$ für rheinl. Maß.	Biegungsmoment. $(P + G \cdot l)\, l$ für Metermaß.
	Pfund.	Kilogr.	Zollen.	Centim.	Zollen.	Centim.	Zollen.	Centim.		
A.	$6\frac{1}{2}$	10,35	$3\frac{3}{4}$	9,7	$\frac{1}{4}$	0,6	$\frac{1}{4}$	0,6	147	2350
	$7\frac{3}{4}$	12,5	$3\frac{3}{4}$	9,7	$\frac{3}{8}$	1,0	$\frac{1}{4}$	0,6	165	2660
	$9\frac{1}{3}$	15	$3\frac{3}{4}$	9,7	$\frac{1}{2}$	1,3	$\frac{1}{4}$	0,6	185	2925
B.	$9\frac{1}{2}$	15,13	$4\frac{3}{4}$	12,3	$\frac{1}{4}$	0,6	$\frac{1}{3}$	0,8	302	4770
	$11\frac{1}{2}$	18,31	$4\frac{3}{4}$	12,3	$\frac{3}{8}$	1,0	$\frac{1}{3}$	0,8	335	5250
	$13\frac{1}{2}$	21,52	$4\frac{3}{4}$	12,3	$\frac{1}{2}$	1,3	$\frac{1}{3}$	0,8	368	5750
	$11\frac{1}{2}$	18,31	$5\frac{3}{4}$	14,9	$\frac{1}{4}$	0,6	$\frac{3}{8}$	1,0	445	7000
C.	$13\frac{7}{8}$	22,08	$5\frac{3}{4}$	14,9	$\frac{3}{8}$	1,0	$\frac{3}{8}$	1,0	490	7650
	$16\frac{1}{4}$	25,88	$5\frac{3}{4}$	14,9	$\frac{1}{2}$	1,3	$\frac{3}{8}$	1,0	535	8400
D.	16	25,49	$6\frac{3}{4}$	17,5	$\frac{3}{8}$	1,0	$\frac{1}{3}$	0,8	670	10450
	19	30,26	$6\frac{3}{4}$	17,5	$\frac{1}{2}$	1,3	$\frac{1}{3}$	0,8	745	11650
	22	35,05	$6\frac{3}{4}$	17,5	$\frac{5}{8}$	1,6	$\frac{1}{3}$	0,8	822	13000
	25	39,82	$6\frac{3}{4}$	17,5	$\frac{3}{4}$	1,9	$\frac{1}{3}$	0,8	898	14050
	28	44,60	$6\frac{3}{4}$	17,5	$\frac{7}{8}$	2,2	$\frac{1}{3}$	0,8	974	15200
E.	$19\frac{1}{4}$	30,65	$7\frac{3}{4}$	20,2	$\frac{3}{8}$	1,0	$\frac{5}{12}$	1,1	944	14800
	$22\frac{1}{4}$	35,50	$7\frac{3}{4}$	20,2	$\frac{1}{2}$	1,3	$\frac{5}{12}$	1,1	1013	15850
	$25\frac{1}{2}$	40,62	$7\frac{3}{4}$	20,2	$\frac{5}{8}$	1,6	$\frac{5}{12}$	1,1	1099	17200
	$28\frac{3}{4}$	45,80	$7\frac{3}{4}$	20,2	$\frac{3}{4}$	1,9	$\frac{5}{12}$	1,1	1186	18600
	32	50,98	$7\frac{3}{4}$	20,2	$\frac{7}{8}$	2,2	$\frac{5}{12}$	1,1	1273	19650
	20	31,86	9	23,5	$\frac{3}{8}$	1,0	$\frac{3}{8}$	1,0	1187	18550
F.	$25\frac{1}{2}$	40,62	9	23,5	$\frac{1}{2}$	1,3	$\frac{13}{24}$	1,4	1328	21000
	$29\frac{1}{8}$	46,40	9	23,5	$\frac{5}{8}$	1,6	$\frac{13}{24}$	1,4	1432	22400
	$32\frac{3}{4}$	52,17	9	23,5	$\frac{3}{4}$	1,9	$\frac{13}{24}$	1,4	1536	24000
	$36\frac{3}{4}$	58,54	9	23,5	1	2,6	$\frac{13}{24}$	1,4	1745	27300
	$26\frac{7}{20}$	41,97	10	26,1	$\frac{5}{12}$	1,1	$\frac{1}{2}$	1,3	1634	25550
G.	$29\frac{1}{2}$	46,99	10	26,1	$\frac{1}{2}$	1,3	$\frac{1}{2}$	1,3	1762	27600
	$32\frac{1}{10}$	51,13	10	26,1	$\frac{5}{8}$	1,6	$\frac{1}{2}$	1,3	1824	28580
H.	24	38,23	9	23,5	$\frac{1}{2}$	1,3	$\frac{3}{8}$	1,0	1222	19000
	$27\frac{2}{3}$	44,57	9	23,5	$\frac{5}{8}$	1,6	$\frac{3}{8}$	1,0	1300	20400
J.	37	58,94	$10\frac{2}{3}$	27,9	$\frac{5}{8}$	1,6	$\frac{3}{4}$	1,9	2232	34860
	50	79,65	$10\frac{2}{3}$	27,9	1	2,6	$\frac{3}{4}$	1,9	2682	42000
K.	36	57,35	$11\frac{1}{2}$	30,0	$\frac{1}{2}$	1,3	$\frac{5}{8}$	1,6	2543	39800
	$40\frac{3}{4}$	64,91	$11\frac{1}{2}$	30,0	$\frac{5}{8}$	1,6	$\frac{5}{8}$	1,6	2726	42000
	$45\frac{1}{2}$	72,48	$11\frac{1}{2}$	30,0	$\frac{3}{4}$	1,9	$\frac{5}{8}$	1,6	2909	45550
	$50\frac{1}{4}$	80,05	$11\frac{1}{2}$	30,0	$\frac{7}{8}$	2,2	$\frac{5}{8}$	1,6	3092	48350
	55	87,61	$11\frac{1}{2}$	30,0	1	2,6	$\frac{5}{8}$	1,6	3275	51250
L.	$47\frac{1}{4}$	75,25	$12\frac{5}{12}$	32,4	$\frac{7}{12}$	1,5	$\frac{2}{3}$	1,7	3675	57400

…doppel T-förmigen Träger.

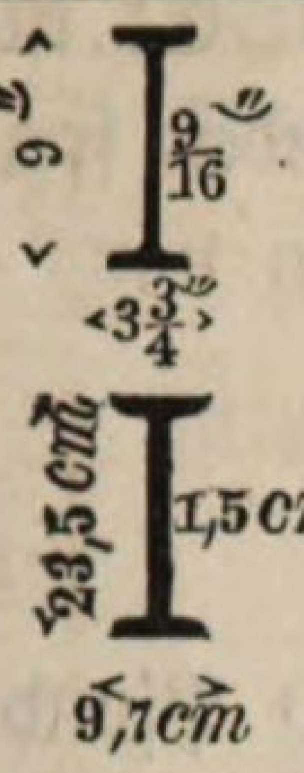
…eichmäßig zu vertheilende Maximal-Belastung (P) in Centnern resp. Kilogr. bei einer Spannweite (l) in Fußen resp. Metern.

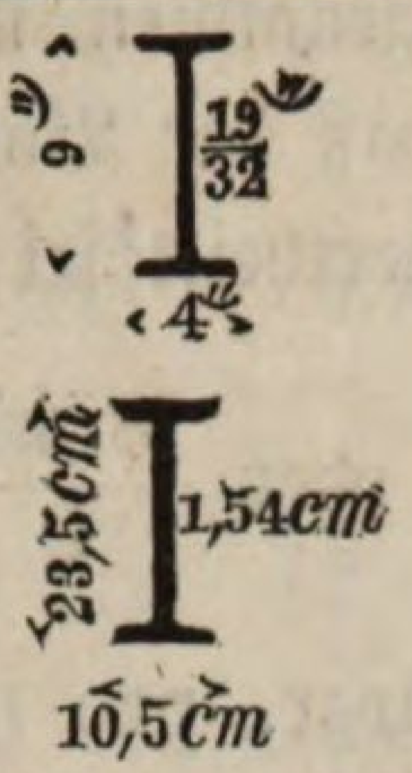
…ß oder …57 m.	10 Fuß oder 3,14 m.		15 Fuß oder 4,71 m.		20 Fuß oder 6,28 m.		25 Fuß oder 7,85 m.		30 Fuß oder 9,42 m.		35 Fuß oder 11 m.	
Kilogr.	Centner.	Kilogr.	Centner.	Kilogr.	Centner.	Kilogr.	Centner.	Kilogr.	Centner.	Kilogr.	Centner.	Kilogr.
1450	14	700	9	450	6	300	4	200	—	—	—	—
1650	16	800	10	500	$6\frac{2}{3}$	330	$4\frac{2}{3}$	240	—	—	—	—
1850	$17\frac{1}{2}$	850	11	550	$7\frac{1}{3}$	375	5	250	—	—	—	—
3000	29	1450	$18\frac{3}{4}$	938	$13\frac{1}{4}$	660	$9\frac{3}{4}$	490	7	350	—	—
3300	32	1600	$20\frac{1}{2}$	1025	$14\frac{1}{2}$	725	$10\frac{1}{2}$	525	$7\frac{3}{4}$	390	—	—
3600	35	1750	$22\frac{1}{2}$	1120	15	750	11	550	8	400	—	—
4400	43	2150	28	1400	20	1000	15	750	11	550	—	—
4850	48	2400	30	1500	22	1100	16	800	12	600	—	—
5300	52	2600	33	1650	$23\frac{1}{2}$	1180	17	850	13	650	—	—
6650	65	3250	42	2100	30	1500	23	1150	18	900	14	700
7400	72	3600	47	2350	33	1650	25	1250	19	950	15	750
8150	80	4000	51	2550	36	1800	27	1350	21	1050	16	800
8900	87	4350	56	2800	40	2000	30	1500	22	1100	17	850
9650	94	4700	61	3050	43	2150	33	1650	24	1200	18	900
9350	92	4600	60	3000	$43\frac{1}{3}$	2150	33	1650	25	1250	20	1000
10050	99	4450	64	3200	46	2300	35	1750	27	1350	22	1100
10900	107	5350	69	3450	50	2500	37	1850	29	1450	23	1150
11800	116	5800	75	3750	53	2650	40	2000	31	1550	24	1200
12650	124	6200	80	4000	57	2850	43	2150	33	1650	25	1250
11800	116	5800	76	3800	55	2750	42	2100	33	1650	27	1350
13200	130	6500	85	4250	62	3100	46	4300	36	1800	29	1450
14250	140	7000	91	4550	66	3300	49	4450	39	1950	31	1550
15250	150	7500	98	4900	70	3500	53	2650	42	2100	33	1650
17350	171	7550	110	5500	80	4000	61	3050	47	2350	37	1850
16250	161	8050	106	5300	77	3850	60	3000	48	2400	39	1950
17550	173	8650	113	5650	82	4100	63	3150	50	2500	40	2000
18200	179	8950	116	5800	84	4200	64	3200	51	2550	41	2050
12150	119	5950	78	3900	56	2800	43	2150	—	—	—	—
12950	127	6350	83	4150	60	3000	45	2250	—	—	—	—
22200	219	10950	143	7150	104	5200	80	4000	—	—	—	—
26700	263	13150	171	8500	124	6200	98	4900	—	—	—	—
25350	250	12500	164	8200	120	6000	92	4600	74	3700	—	—
27150	268	13400	175	8750	128	6400	98	4900	—	—	—	—
28950	286	14300	187	8350	136	6800	—	—	—	—	—	—
30800	304	15200	199	9950	144	7200	—	—	—	—	—	—
32600	322	16100	210	10500	152	7600	—	—	—	—	—	—
36650	362	18100	238	11900	175	8750	—	—	—	—	—	—

K. Zweite Tabelle über die T

Freiliegende Länge der Balken in		 Eigengewicht: pr. lfd. Fuß 14½ Pfund. pr. lfd. Meter 23,1 Klgr. Zuläſſige Belaſtung in		 Eigengewicht: pr. lfd. Fuß 23½ Pfund. pr. lfd. Meter 37,4 Klgr. Zuläſſige Belaſtung in		 Eigengewicht pr. lfd. Fuß 23 Pfu pr. lfd. Meter 36,6 K Zuläſſige Belaſtung	
Zollen.	Centim.	Centner.	Kilogr.	Centner.	Kilogr.	Centner.	Kilog
12	31	537½	26880	916½	45830	1253½	6267
18	47	358¼	17915	611	30550	835½	4177
24	63	268½	13425	458	22900	626½	3132
30	78,5	215	10750	366½	18325	501	2505
36	94	179	8950	305	15250	416	2080
42	110	153½	7675	261½	13075	356	1785
48	125,5	134¼	6710	229	11450	313	1565
54	141	119	5950	203½	10175	278	1390
60	157	107	5350	182	9100	250¼	1251
66	173	93	4650	159	7950	217½	1087
72	188	89¼	4460	152¼	7625	208½	1042
78	204	82½	4125	140½	7025	192¼	961
84	220	76½	3825	130½	6525	178½	892
90	235	71¼	3560	121½	6075	166½	832
96	251	66¾	3340	114	5700	156	780
102	267	63	3150	107½	5375	142½	712
108	282,5	59¼	2960	101	5050	135	675
114	298	56	2800	96	4800	—	—
120	314	53	2650	91	4550	124½	622
132	345	48½	2425	82½	4125	113	565
144	377	44¼	2210	75½	3775	103½	517
156	408	41	2050	—	—	95½	477
168	439	38	1900	64½	3225	—	—
180	471	35	1750	60	3000	—	—
192	502	33	1650	56¼	2825	77	385
204	534	31	1550	53	2650	72½	362
216	565	29	1450	50	2500	68½	342
228	596	27¼	1360	47	2350	64½	322
240	628	26	1300	44½	2225	61	305
252	659	24¾	1240	42	2100	58¼	291
264	690	23¼	1160	40¼	2010	55½	277
276	722	22½	1125	38½	1925	53	265
288	753	21½	1080	36½	1825	50½	252
300	785	20½	1025	35	1750	48½	242
312	816	19½	975	33½	1675	46½	232
324	847	18¾	940	32¼	1610	44½	222
336	879	18	900	31	1550	43	215
348	910	17½	875	30	1500	41¼	206
360	942	16½	850	28½	1425	40	200

…igkeit der schmiedeeisernen Balken.







Eigengewicht: …r. laufd. Fuß 23¾ Pfund. …r. lfd. Meter 37,8 Kilogr.		Eigengewicht: pr. laufd. Fuß 28 Pfund. pr. lfd. Meter 44,6 Kilogr.		Eigengewicht: pr. laufd. Fuß 28⅞ Pfund. pr. lfd. Meter 46 Kilogr.	
Zulässige Belastung in		Zulässige Belastung in		Zulässige Belastung in	
Centner.	Kilogr.	Centner.	Kilogr.	Centner.	Kilogr.
1453	72650	1594½	79725	1680½	84025
968½	48425	1063	53150	1120¼	56010
726¼	36310	797	39850	840	42000
581	29050	637½	31875	672	33600
484	24200	531	26550	560	28000
415	20750	455	22750	480	24000
363	18150	398¼	19910	420	21000
322½	16125	354	17700	373	18650
290¼	14510	318½	15925	335½	16775
252¼	12610	276¾	13840	292	14600
242	12100	265¼	13262	279¼	13960
223	11150	245	12250	258	12900
207	10350	227	11350	239¼	11960
193	9650	212	10600	223½	11175
181	9500	198¾	9940	209½	10475
170¼	8510	187	9350	197	9850
161	8050	176½	8825	186	9300
152	7600	167	8350	176	8800
144½	7225	158½	7925	167	8350
131½	6575	144	7200	152	7600
120¼	6010	132	6600	139	6950
111	5550	121¾	6090	128¼	6410
103	5150	113	5650	119	5950
96	4800	105	5250	111	5550
90	4500	98½	4925	104	5200
84¼	4210	92½	4652	97	4850
79½	3925	87	4350	92	4600
75	3750	82½	4125	87	4350
71½	3575	78¼	3910	82½	4125
67¾	3362	74¼	3710	78½	3925
64¾	3240	71	3550	75	3750
62	3100	67½	3375	71¼	3560
59	2950	64½	3225	68¼	3410
56¼	2810	62	3100	65¼	3260
54¼	2710	59½	2975	62½	3125
52	2600	57	2850	60¼	3010
50	2500	55	2750	58	2900
48¼	2410	53	2650	56	2800
46½	2325	51	2550	54	2700

Die vorstehende Tabelle K giebt ebenfalls die zulässige Belastung für schmiedeeiserne Balken in Kilogrammen und Centnern an. Es ist auch hier der Fall angenommen, daß der Balken an beiden Enden frei aufliege und die Last gleichmäßig vertheilt sei, demnach erhalten wir

$$P = 8 \frac{k\,W}{l} - G \text{ oder } \frac{8\,k}{l} \cdot \frac{J}{e} - G.$$

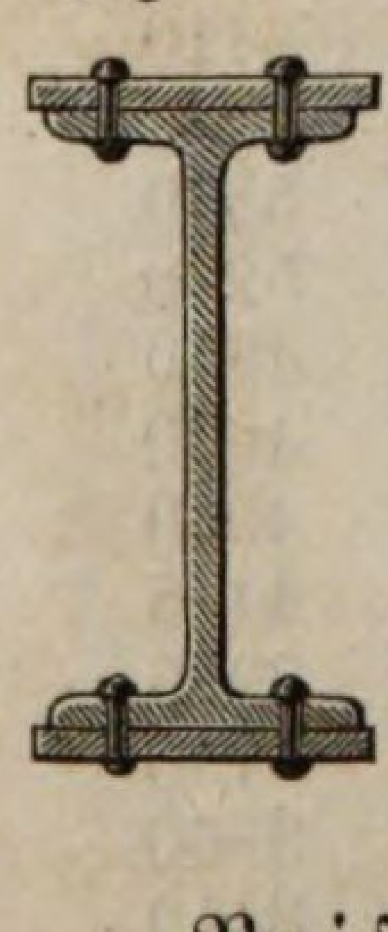
Nimmt man für k 700 Kilogr. pro □ ^{cm}, oder 10000 Pfund pro □″, so geben die oben mitgetheilten zulässigen Belastungen eine sechsfache Sicherheit. Das Eigengewicht des Trägers muß von den gegebenen Belastungen noch in Abzug gebracht werden.

Wenn der Balken auf beiden Enden frei aufliegt, jedoch die Last in der Mitte wirkt, trägt der Balken die Hälfte; wenn er dagegen auf beiden Enden vermauert und die Last gleichmäßig vertheilt ist, trägt er das $1^1/_2$fache der vorstehend angegebenen Zahlen.

Vergleichen wir nun einen Träger von 23,5 ^{cm} (9″) Höhe, 9 ^{cm} ($3^1/_2$″) Flanschenbreite und 1,5 ^{cm} ($^1/_2$″) Stegbreite bei 628 ^{cm} (240″) freier Länge in der Tabelle K mit einem ähnlichen in der Tabelle J, so finden wir, daß die Resultate nur geringe Abweichungen von einander haben.

Sollten die in den Tabellen angegebenen Dimensionen der doppelten T-Träger noch nicht genügende Sicherheit gewähren, so kann man die Träger noch durch Vergrößerung der Querschnittsfläche resp. des Trägheitsmomentes verstärken. Am einfachsten geschieht dies durch angenietete Gurtungsplatten, wie sie Fig. 468 zeigt. Bei Berechnung dieses Trägheitsmomentes müssen alsdann selbstverständlich die Nietlöcher abgezogen werden.

Fig. 468.



Am zweckmäßigsten wird der Träger frei auf die Mauer gelegt, wobei noch, des besseren Aussehens wegen, die darunter liegenden Backsteinschichten etwas vorkragen können.

Fig. 469 A und B zeigt die einfachste Unterstützung einer $^1/_2$ Stein starken Mauer durch einen schmiedeeisernen Träger.

Beispiel. Ein Träger soll 3,75 ^{m} = 12′ lang sein und eine $^1/_2$ Stein starke 3,75 ^{m} = 12′ hohe Mauer tragen, welche Dimensionen erhält er, wenn die Enden frei aufliegen?

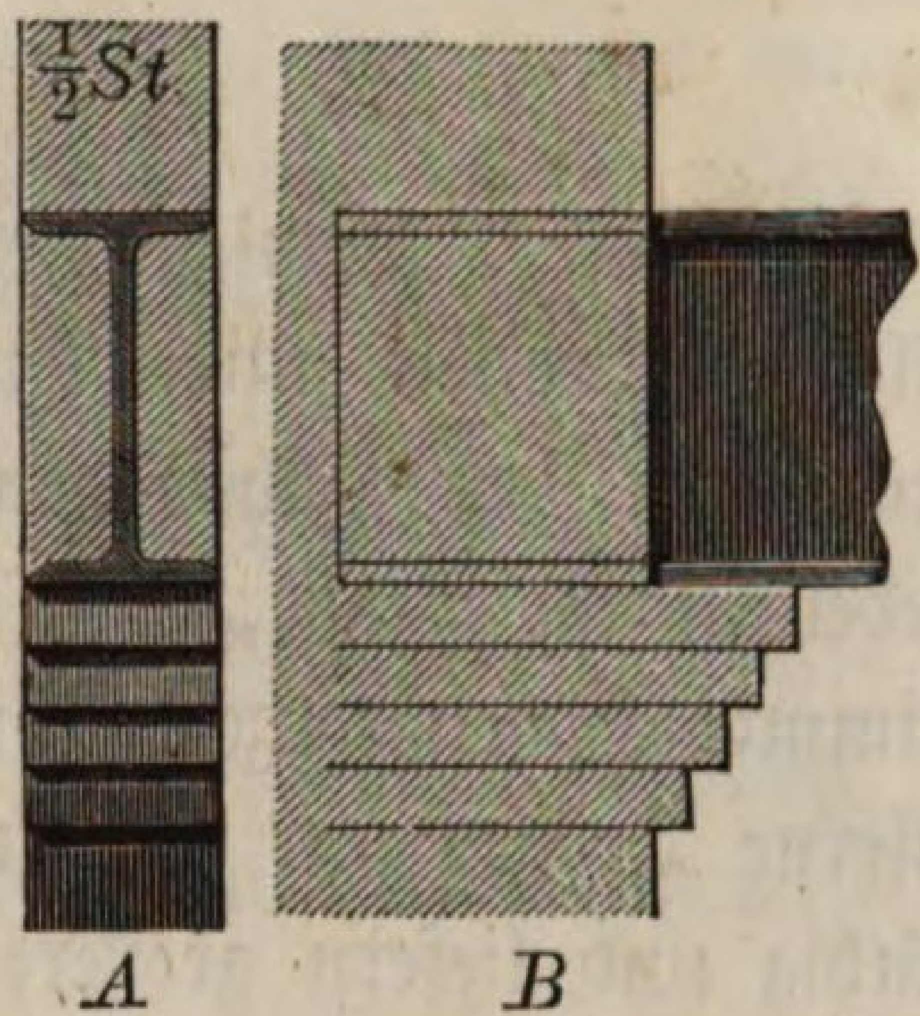
Der Stein sei 13 cm = 5'' breit und der Kubik-Meter Mauerwerk wiege 1620 Kilogr., der Kubikfuß 1 Centner. Dann ist im Metermaß:

$$P = 0{,}13 \cdot 3{,}75 \cdot 3{,}75 \cdot 1620 = \text{cr. } 3000 \text{ Kilogr.}$$

in rheinländischem Maß:

$$P = {}^{5}/_{12} \cdot 12 \cdot 12 \cdot 1 = 60 \text{ Centner.}$$

Fig. 469.



Nach Tabelle K würde hiernach der schmiedeeiserne Balken, da er gleichmäßig belastet ist, 23,5 cm (9'') Höhe, 9,75 cm ($3^1/_4$'') Flanschenbreite und 0,7 cm ($^9/_{16}$'') Stegdicke erhalten. Die Tabelle G wird entsprechende Dimensionen nachweisen.

Bei einer 1-Stein starken Mauer müssen 2 Träger neben einander liegen, damit für die aufzufangende Mauermasse ein genügendes Auflager entstehe. Aus demselben Grunde werden bei $1^1/_2$, 2 und 3 Stein starken Mauern 3 bis 4 Träger nöthig. Fig. 470 zeigt eine derartige Anlage.

Fig. 470.



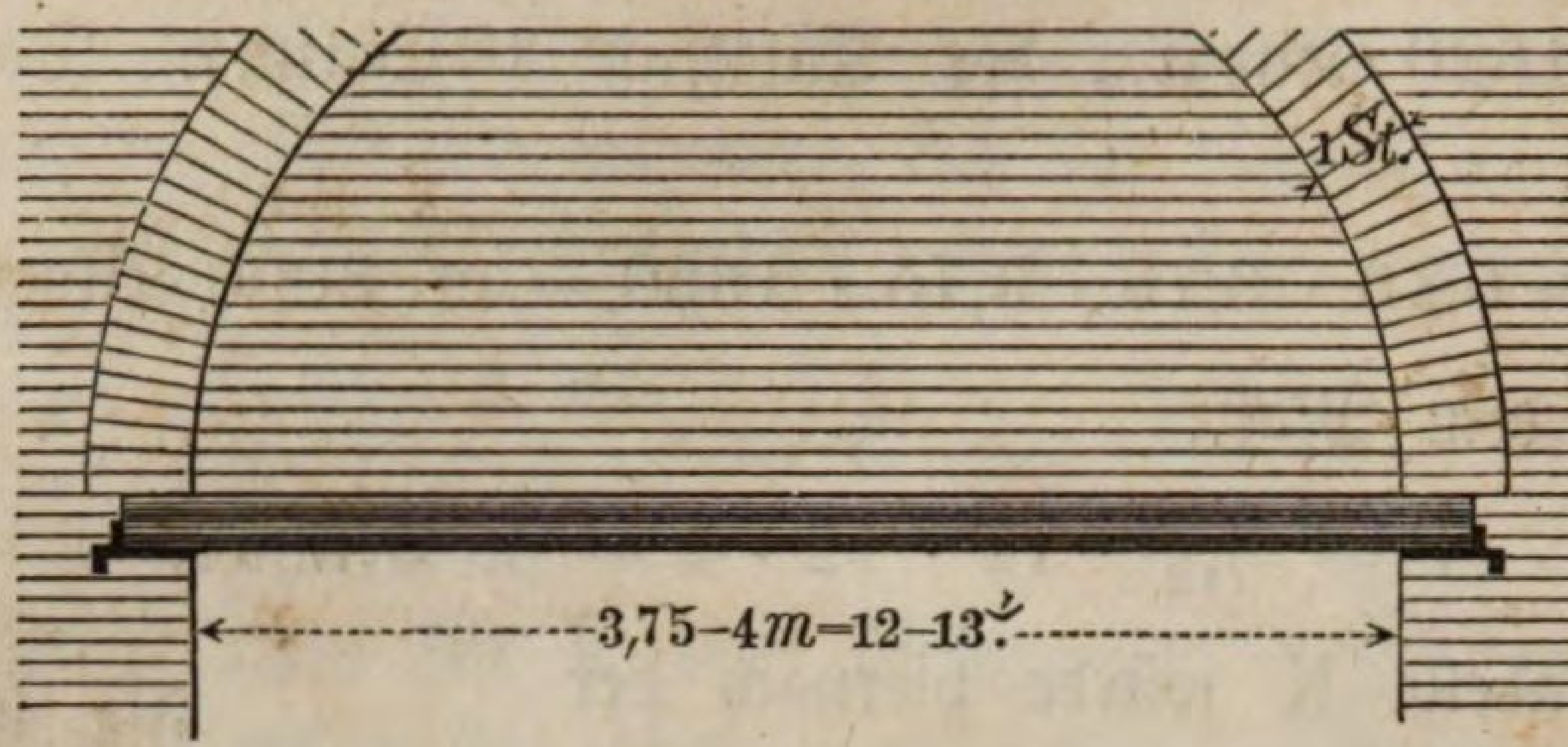
Zur besseren gegenseitigen Versteifung und Sicherheit kann man die Träger, in Entfernungen von 1 m (3'), mit eisernen Bändern von 0,65 — 1,3 cm ($^1/_4$ — $^1/_2$'') Stärke und 4 cm ($1^1/_2$'') Breite vereinigen und an diesen Stellen alsdann eiserne Keile kreuzweise dazwischen treiben, ähnlich wie bei den hölzernen Balkenlagen mit Kreuzhölzern beschrieben wurde. An Stelle der Keile lassen sich auch gußeiserne Einsatzstücke (Fig. 471) zwischen die Träger legen.

Fig. 471.



Dieselben Anordnungen, die bereits bei den Eisenbahnschienen erwähnt wurden, können auch bei dem einfachen und doppelten T-förmigen Träger anwendbar sein, auch kann man durch das Entlasten des über dem Träger ruhenden Mauerwerks die Tragfähigkeit des Balkens beträchtlich vermehren. Fig. 472 veranschaulicht dies. Außerdem geben die Fig. 494 und 495, 512, 521, 523, 529 und 535 noch verschiedene derartige Constructionen.

Fig. 472.



2. Die Blechträger.

Wenn T-förmige Träger sehr weit freiliegen, erheischen die Höhen, Flanschenbreiten und Stegdicken derselben große Dimensionen. Mit Zunahme der Höhen wachsen aber auch die Herstellungskosten in so bedeutendem Maße, daß die pecuniären und practischen Rücksichten bestimmte Höhengrenzen gebieten. Die Eisenwerke haben deshalb schmiedeeiserne Träger nur bis zu einer Höhe von 30 — 37 cm (12 — 14″) vorräthig und liefern größere Dimensionen nur auf Bestellung.

Um demnach für größere freiliegende Längen zweckmäßige Träger, mit möglichst geringem Aufwande an Material zu erlangen, hat man einzelne Eisenbahnschienen mit Winkeleisen und Nieten zu Balken verbunden, die man **Blechträger** nennt.

Fig. 473.



Diese Blechträger bestehen also aus dem senkrechten Bleche, den Winkeleisen (Fig. 473) und, um die Tragkraft noch zu vergrößern, aus Gurtungs- oder Deckplatten (Fig. 474).

An den Enden des Trägers läßt man ferner an den Kanten die Winkeleisen herumführen, wodurch auch dort eine bessere Versteifung bewirkt wird (Fig. 475).

Fig. 474.

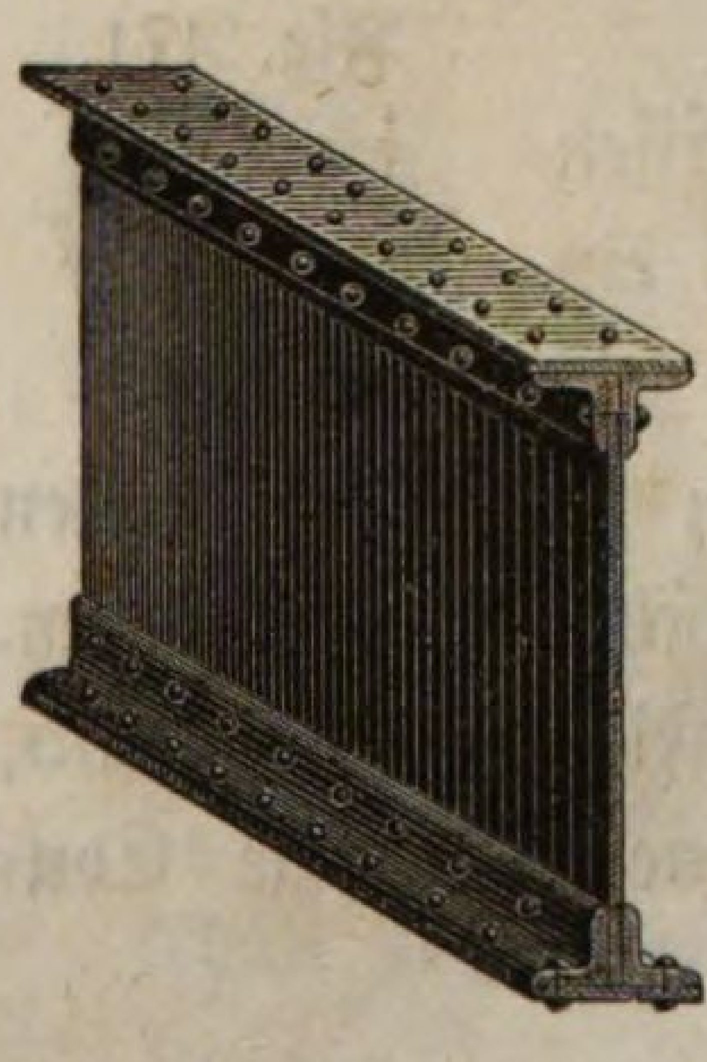
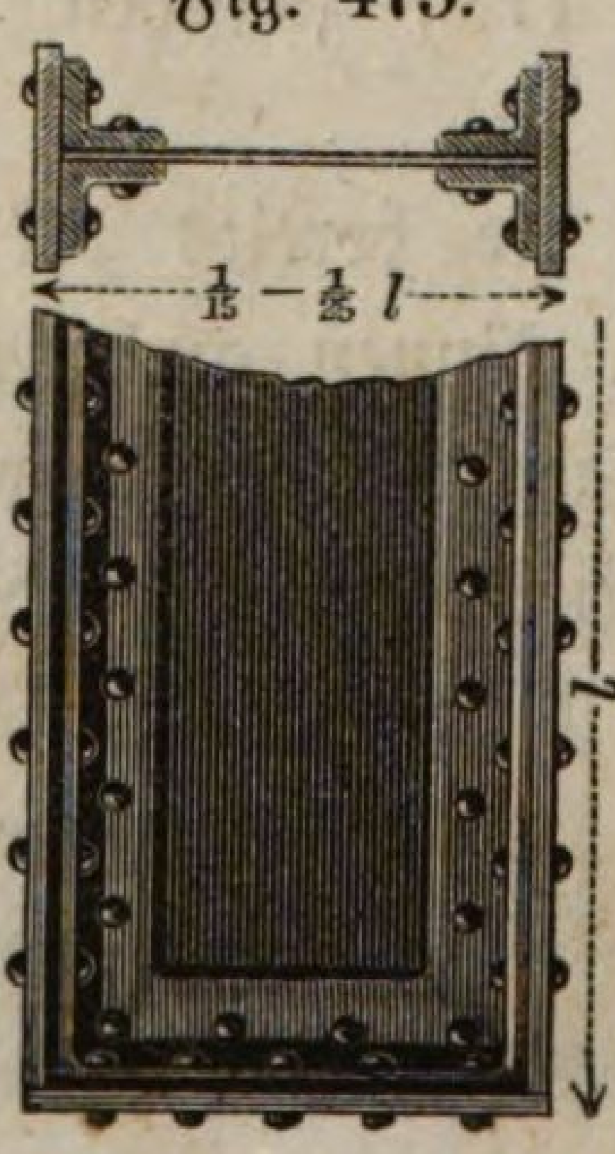


Fig. 475.



Was nun die Höhe eines Blechträgers betrifft, so beträgt dieselbe bei großer Spannweite und Belastung $^1/_{15}$ — $^1/_{18}$, bei geringerer $^1/_{20}$ — $^1/_{25}$ der ganzen freien Länge, also bei 14 m (45′) Länge

würde die Höhe cr. 1 m (3′) hingegen bei 10 m (30′) Länge cr. 0,5 m (1 1/2′) anzunehmen sein.

Betrachten wir nun die einzelnen Theile des Blechträgers.

Das vertikale Blech.

Dasselbe muß aus möglichst großen Tafeln bestehen, damit nicht zu viele Vernietungen, welche die betreffenden Stellen schwächen, vorkommen. Die größte Länge der Bleche beträgt jedoch 3—4,75 m (10—15′), längere Bleche verwendet man ungern, da diese, der Länge entsprechend, stärker und theurer sind. Die größte Breite der Bleche pflegt nicht über 1 1/2 m (4 3/4′) zu betragen, größere Dimensionen finden im Hochbau keine Verwendung.

Die Blechstärke wechselt bei Trägern für den Hochbau zwischen 5 und 18 Millimetern. Für gewöhnliche Fälle genügen 6—10 Millimeter (1/4—3/8″) starke Blechtafeln vollkommen, nur bei großer Belastung, z. B. durch hohe Frontwände ꝛc., wäre eine Stärke von 13 Millimetern (1/2″) und 16 Millimetern (5/8″) zu empfehlen.

Nachfolgende Tabelle L giebt das Gewicht der gewöhnlichen Blech- und Plattenstärken aus Schmiedeeisen an.

In Metermaß:

Stärke in Millimetern	1	2	3	4	5	6	7	8
Gewicht pr. □ m in Kilogr.	7,8	15,5	23,3	31,1	38,8	46,6	54,4	62,2

9	10	11	12	13	15	18	20
70,0	78,8	85,5	93,3	101,1	116,6	140,0	155,5

In rheinländischem Maß:

Stärke in 1/16-Zollen	1	2	3	4	5	6	7
Gewicht pr. □′ in Pfunden	2,60	5,00	7,51	10,01	12,51	15,01	17,52

8	9	10	11	12	13	14	15	16
20,02	22,52	25,02	27,52	30,03	32,53	35,03	37,53	40,04

In der Regel wird die vertikale Blechwand aus 2 bis 4 Blechlängen à 3,75 m (12′) construirt, diese werden stumpf zusammengestoßen und am Stoße mit 2 Deckplatten zusammengehalten und genietet. Es muß hierbei die Summe des Querschnittes der beiden Deckplatten so groß wie die Blechstärke sein.

Die Nieten.

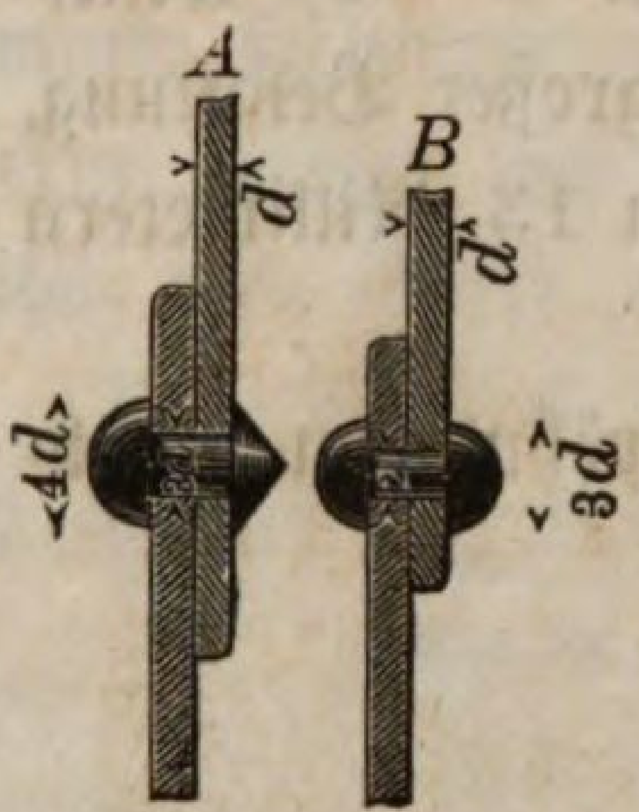
Auch die Nieten sind von Bedeutung, denn die Entfernungen und der Durchmesser derselben müssen mit den Blechstärken in einem bestimmten Verhältnisse stehen.

Bezeichnet d die Blechstärke, dann ist die Entfernung der Niete von Mitte zu Mitte:

für eine feste und dichte Fuge = 5 d (für Dampfkessel),
für eine feste Fuge = 10 d (im Hochbau für Träger).

Durchschnittlich kann man bei Hochbauten die Entfernung der Nietenmitten auf cr. 13—18,5 cm (5—7″) annehmen. Der Durchmesser der Nieten beträgt in der Regel 1,5—2,25 cm (1/2—7/8″), ausnahmsweise 2,5 cm (1″).

Fig. 476 A B.



Die Dimensionen der Niete sind für eine dichte und feste Fuge (Fig. 476 A):

der Kopf = 4 d,
der Durchmesser = 3 d,

für eine feste Fuge (Fig. 476 B):

der Kopf = 3 d,
der Durchmesser = 2 d.

Die nachstehende Tabelle giebt das Gewicht der Nieten an.

M. Tabelle des Gewichts von 1000 Stück Nieten.

In Kilogrammen für Metermaß.		In Centnern für rheinländ. Maß.	
Durchmesser in Centimetern.	Bei fester Fuge wiegen 1000 Nieten circa	Durchmesser in Zollen.	Bei fester Fuge wiegen 1000 Nieten circa
0,7	15 Kilogr.	1/4	0,20 Centner.
1,0	40 Kilogr.	3/8	0,70 Centner.
1,3	85 Kilogr.	1/2	1,70 Centner.
1,5	150 Kilogr.	5/8	3,25 Centner.
2,0	290 Kilogr.	3/4	5,60 Centner.
2,5	650 Kilogr.	1	13,25 Centner.

Die Eck- und Schenkeleisen.

Die größte Widerstandsfähigkeit erreicht ein Blechträger hauptsächlich durch die Eckeisen (Fig. 477). Dieselben haben zwei Schenkel,

welche sowohl mit der Deckplatte, als auch mit dem vertikalen Bleche in Entfernungen von 16^{cm} (6″) durch Nieten von $1{,}5 - 2{,}5^{cm}$ ($\frac{1}{2} - 1$″) Durchmesser, verbunden werden.



Fig. 477.

Die Schenkel, mögen dieselben gleich oder ungleich sein, bilden beide stets einen rechten Winkel.

Bei Hochbauten sind die Eckeisenschenkel in der Regel $8 - 11^{cm}$ (3 — 4″) breit, die Stärke desselben beträgt $\frac{1}{6} - \frac{1}{9}$ einer Schenkelbreite, also 6 — 16 Millimeter ($\frac{1}{4} - \frac{5}{8}$″) bei einer Winkeleisenlänge von $7{,}5 - 9{,}5^{m}$ (25 — 30′).

Nachfolgende Tabellen N — Q geben die Gewichte der gleichschenkligen und ungleichschenkligen Winkeleisen an (aus dem Architecten-Kalender entnommen), es bedeutet in denselben:

b die äußere Schenkelbreite, d die mittlere Schenkelstärke, G das Gewicht pro lfd. Meter in Kilogr. oder pro lfd. Fuß in Pfunden.

N. Tabelle der gleichschenkligen Winkeleisen
des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereins.
(b und d in Zollen, G pro lfd. Fuß in Pfunden.)

b	d	G	b	d	G	b	d	G	b	d	G	b	d	G
1	$\frac{1}{6}$	1	2	$\frac{5}{16}$	4	$2\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$8\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$14\frac{1}{2}$	4	$\frac{5}{8}$	$15\frac{1}{2}$
1	$\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$\frac{3}{8}$	$4\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$10\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	11	4	$\frac{3}{4}$	18
$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	2	$2\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	5	$3\frac{7}{8}$	$\frac{3}{8}$	$6\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$13\frac{1}{4}$	5	$\frac{1}{2}$	16
$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	6	3	$\frac{3}{8}$	7	$3\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$15\frac{1}{2}$	5	$\frac{5}{8}$	20
$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	3	$\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	12	5	$\frac{3}{4}$	24
$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$	$5\frac{1}{4}$	3	$\frac{5}{8}$	$11\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$14\frac{1}{4}$	6	$\frac{1}{2}$	$19\frac{1}{2}$
$1\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	3	$2\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$6\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	10	$3\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$16\frac{1}{2}$	6	$\frac{5}{8}$	24
$1\frac{3}{4}$	$\frac{5}{16}$	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	8	$3\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$	$12\frac{1}{4}$	4	$\frac{1}{2}$	13	6	$\frac{3}{4}$	$28\frac{1}{2}$
2	$\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$6\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—

O. Tabelle der gleichschenkligen Winkeleisen
der Actiengesellschaft Phönix in Laar bei Ruhrort.
(b und d in Millimetern, G pro lfd. Meter in Kilogrammen.)

b	d	G	b	d	G	b	d	G	b	d	G
13	$2\frac{3}{4}$	0,48	39	$4\frac{1}{3}$	2,8	65	$6\frac{1}{2}$	6,2	92	10	13,15
16	$3\frac{1}{4}$	0,77	39	$6\frac{1}{2}$	3,65	65	$8\frac{3}{4}$	8,45	92	13	17,38
16	$4\frac{1}{3}$	0,95	46	$4\frac{1}{2}$	3,2	65	11	10,35	92	20	23,9
20	$2\frac{3}{4}$	0,90	46	$6\frac{1}{2}$	4,62	72	$8\frac{1}{2}$	9,25	105	10	15,67
$22\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	1,05	52	5	4,30	72	11	11,15	105	15	23,9
$22\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{3}$	1,39	52	$6\frac{1}{2}$	5,17	72	13	13,08	130	14	27,1
26	$3\frac{1}{4}$	1,20	59	6	5,4	79	$8\frac{1}{2}$	10,62	157	14	34,0
26	$4\frac{1}{3}$	1,60	59	$8\frac{3}{4}$	7,35	79	11	12,42	—	—	—
33	$3\frac{1}{4}$	1,75	62	$6\frac{1}{2}$	6,05	79	13	14,65	—	—	—
33	$5\frac{1}{2}$	2,95	62	$8\frac{3}{4}$	8,0	85	12	15,6	—	—	—

P. Tabelle der ungleichschenkligen Winkeleisen
des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereins.
(b und d in Zollen, G pro lfd. Fuß in Pfunden.)

b	d	G	b	d	G	b	d	G
$1\frac{1}{2} \cdot 2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	2	$2 \cdot 2\frac{1}{2}$	$\frac{7}{12}$	$7\frac{3}{4}$	$3 \cdot 3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	9
$1\frac{1}{2} \cdot 3$	$\frac{3}{8}$	5	$2\frac{3}{4} \cdot 3$	$\frac{1}{2}$	9	$3 \cdot 4$	$\frac{1}{2}$	11

Q. Tabelle der ungleichschenkligen Winkeleisen
der Actiengesellschaft Phönix in Laar bei Ruhrort.
(b und d in Millimetern, G pro lfd. Meter in Kilogrammen.)

b	d	G	b	d	G	b	d	G	b	d	G
65 · 105	$7\frac{1}{2} \cdot 8$	9,5	79 · 92	10	12,2	79 · 111	13	17,5	105 · 183	16	36,5
105 · 150	$7 \cdot 18\frac{1}{2}$	33,5	79 · 92	13	15,62	79 · 130	10	14,8	120 · 180	16	39
33 · 46	$6\frac{1}{2}$	3,6	79 · 104	10	13,2	79 · 130	13	19,9	—	—	—
75 · 100	10	12,4	79 · 104	13	16,9	100 · 120	11	17,1	—	—	—
75 · 100	13	15,9	79 · 104	16	20,5	100 · 120	15	22,7	—	—	—

Sollten Eckeisen von der Länge des Trägers nicht zu beschaffen sein, so müssen zwei Stücken stumpf gestoßen und mittels eines Deckwinkels mit dem Bleche innig verbunden werden. Die Niete erhält dann die doppelte Stärke eines Schenkels zum Durchmesser.

Die Gurtungs- oder Deckplatten.

Diese sind mindestens so stark wie das verticale Blech zu machen, und zwar variirt die Stärke zwischen 0,6 — 2 cm ($\frac{1}{4}$ — $\frac{3}{4}$ ").

Bei großen Trägern pflegt man auch wohl zwei oder mehrere Deckplatten über einander anzuwenden (Fig. 478), um die Widerstandsfähigkeit zu vergrößern.

Fig. 478.

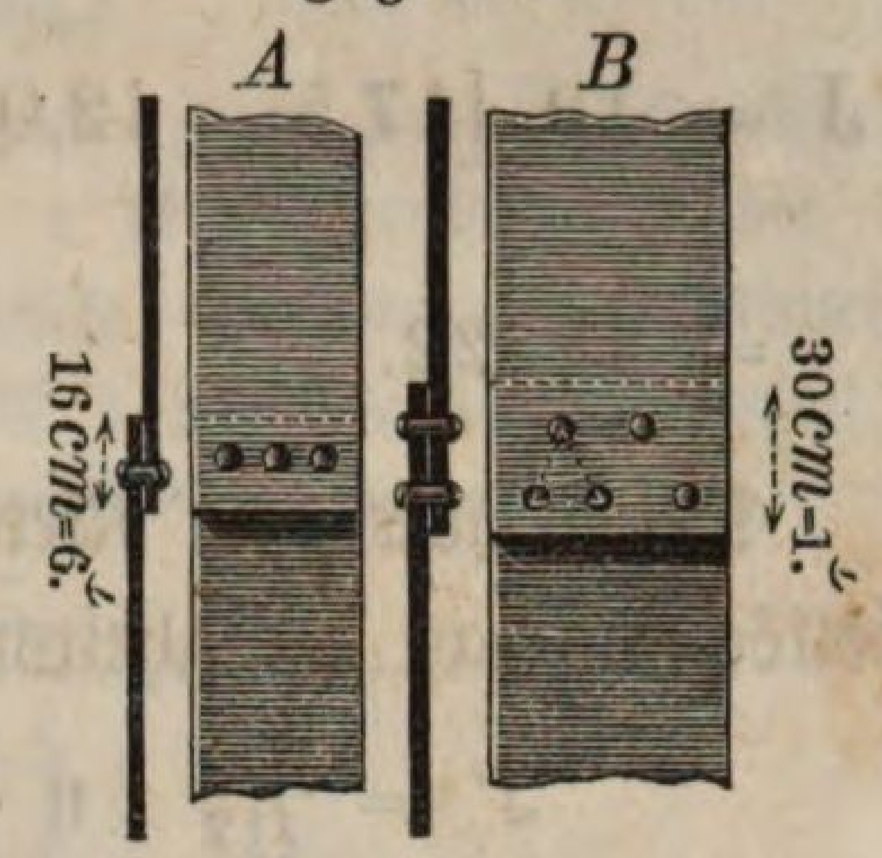


Sind Deckplatten in hinreichender Länge nicht vorhanden, so lassen sich dieselben bei Blechen unter 1,5 cm ($\frac{1}{2}$ ") übereinander decken und mit Eckeisen vernieten, wodurch die kleinen Stoßdeckplatten erspart werden.

Hierbei kann die Vernietung entweder einreihig oder doppelreihig (Fig. 479 A und B) sein. Im ersteren Falle beträgt die Ueberdeckung 15 cm (6 "), im zweiten 30 cm (1 '). Der Abstand der Nieten ist aus Fig. 479 zu ersehen.

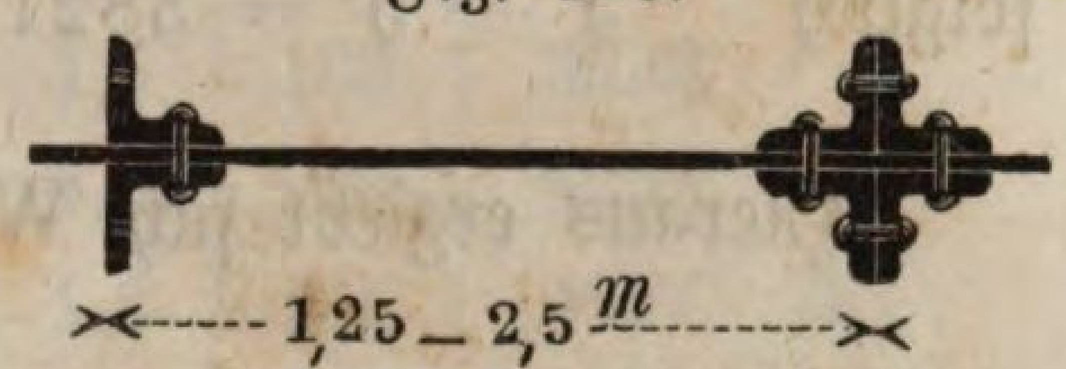
Bei starken Blechen werden die Deckplatten nur gestoßen und der Stoß wiederum mittels einer kleinen Deckplatte zusammengenietet.

Fig. 479.



Wie schon erwähnt, beträgt die Stärke des vertikalen Bleches gewöhnlich 6—10 Millimeter ($^1/_4$—$^3/_8$"). Diese geringe Stärke würde leicht, besonders bei seitlichem Drucke, ein Einbiegen befürchten lassen. Um dieses zu verhindern, wendet man eine vertikale Aufstellung von Winkeleisen auf beiden Seiten an, die mit dem Bleche und den Eckeisen durch Nieten fest verbunden sind, und sich in Entfernungen von $1^1/_4$—$2^1/_2{}^m$ (4—8') wiederholen (Fig. 480).

Fig. 480.



Berechnung des Blechträgers.

Ebenso wie bei allen andern Trägern, müssen wir auch hier wieder die Grundformel

$$P = \frac{k\,W}{l}$$

anwenden.

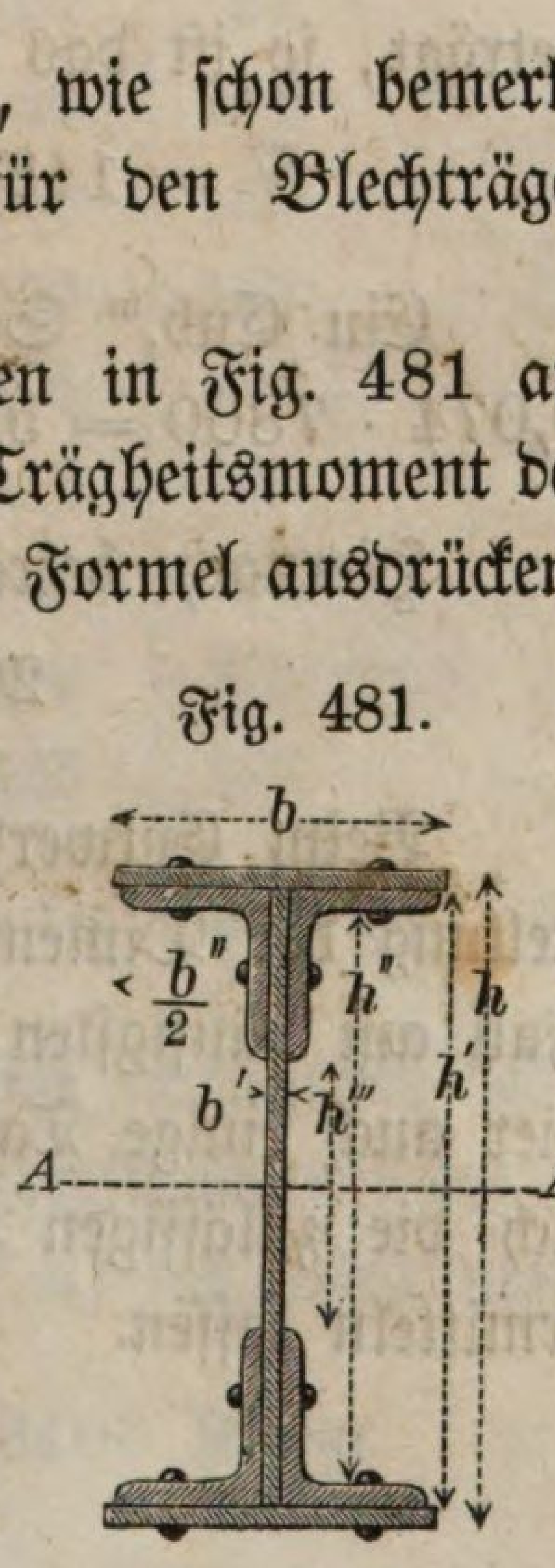
Je nach dem Trägerquerschnitt richtet sich aber, wie schon bemerkt, das W (Widerstandsmoment), welches demnach für den Blechträger zunächst zu berechnen ist.

Nehmen wir die Bezeichnung der Dimensionen in Fig. 481 an, so läßt sich, ohne Rücksicht auf die Nietlöcher, das Trägheitsmoment des Querschnitts, auf die neutrale Axe bezogen, durch die Formel ausdrücken:
$J = \frac{1}{12}\,[b\,h^3 - b''\,h''^3 - (b - b' - b'')\,h'''^3]$.

Beispiel. Die Träger-Dimensionen sollen sein:

$b = 17{,}5^{cm}$
$b' = 1{,}0^{cm}$
$b'' = 13{,}0^{cm}$
$h = 42{,}0^{cm}$
$h' = 40{,}0^{cm}$
$h'' = 36{,}8^{cm}$
$h''' = 27{,}0^{cm}$

Fig. 481.



Demnach ist:

$$J = 12\ [17{,}5 \cdot 42{,}0^3 - 13{,}0 \cdot 36{,}8^3 - (17{,}5 - 1{,}0 - 13{,}0)\ 27{,}0^3]$$

$$= 48322.$$

Setzen wir den Nietendurchmesser $d = 2{,}5^{cm}$, dann wird bei zwei Nietlöchern das Trägheitsmoment derselben sein

$$J' = {}^1/_{12} \cdot n \cdot d\ (h^3 - h''^3) =$$

$$J' = {}^1/_{12} \cdot 2 \cdot 2{,}5\ (42{,}0^3 - 36{,}8^3) = 10105,$$

folglich $J - J' = 38217 = J''$.

Hieraus ergiebt sich $W = \frac{J'' \cdot 2}{h} = \frac{38217 \cdot 2}{42} = 1820.$

Soll nun der Träger $5^m = 500^{cm}$ freiliegen, außerdem die Belastung gleichmäßig vertheilt sein, dann ist

$$P = \frac{8\ k\ W}{l} = \frac{8 \cdot 700 \cdot 1820}{500} = 20584 \text{ Kilogr.}$$

$$F = 2\ (17{,}5 \cdot 1{,}0) + 4\ (6{,}5 \cdot 1{,}6 + 4{,}9 \cdot 1{,}6) + 40 \cdot 1{,}6 = 148 \square^{cm}.$$

Da nun die ganze freiliegende Länge des Trägers 500 Centner beträgt, so ist das Eisenvolumen:

$$V = 148 \cdot 500 = 74000 \text{ Cub.}^{cm} \text{ oder } 0{,}074 \text{ Cub.}^m$$

Ein Cub.^{m} Schmiedeeisen wiegt cr. 7800 Kilogr., demnach $G = 0{,}074 \cdot 7800 = 598$ Kilogr. oder incl. Nieten 670 Kilogr.

Hiernach beträgt die zulässige Belastung des Trägers

$$20584 - 670 = \text{cr. } 20000 \text{ Kilogr.}$$

Beim Entwerfen sind die obigen Rechnungen zur vorläufigen Feststellung der Dimensionen etwas weitläufig, auch ist in der Praxis der Fall am häufigsten, daß die Belastung bekannt ist. Es folgen deshalb hier auch einige Tabellen, nach deren angegebenen Widerstandsmomenten sich die zulässigen Belastungen, wie weiter unten gezeigt wird, leicht ermitteln lassen.

R. Erste Tabelle zur Bestimmung der zulässigen Belastung der Blechträger. (Bei Metermaß.)

Es bedeutet b die Breite des Trägers, t die Stärke jeder der beiden Platten, h die ganze Höhe des Trägers, d die Stegdicke, s die Schenkelbreite der vier gleichseitigen Winkeleisen, r die mittlere Schenkelstärke derselben in Centimetern, G das Eigengewicht pr. lfd. Meter in Kilogr., W das Widerstandsmoment.

h	d	b	t	s	r	G	W
30	1,0	15	1,5	7	1,5	114	1076
35	1,0	17,5	1,5	8	1,5	134	1643
40	1,0	20	1,5	9	1,5	153	2351
45	1,25	22,5	1,5	10	1,5	183	3232
50	1,5	25	1,5	11	1,5	209	4257
55	1,5	27,5	1,5	13	1,5	236	4917
60	1,5	30	1,5	14	1,5	260	6177

S. Zweite Tabelle zur Bestimmung der zulässigen Belastung der Blechträger. (Bei rheinländischem Maß und Pfunden.)

h	d	b	t	s	r	G	W
12	$^3/_8$	6	$^1/_2$	$2^3/_4$	$^1/_2$	67	66
13	$^3/_8$	$6^1/_2$	$^1/_2$	3	$^1/_2$	73	81
14	$^3/_8$	7	$^1/_2$	$3^1/_4$	$^1/_2$	80	97
15	$^3/_8$	$7^1/_2$	$^1/_2$	$3^1/_2$	$^1/_2$	86	114
16	$^7/_{16}$	8	$^1/_2$	$3^3/_4$	$^1/_2$	95	135
17	$^7/_{16}$	$8^1/_2$	$^1/_2$	4	$^1/_2$	102	155
18	$^7/_{16}$	9	$^1/_2$	4	$^1/_2$	105	172
19	$^1/_2$	$9^1/_2$	$^1/_2$	4	$^1/_2$	112	193
20	$^1/_2$	10	$^1/_2$	4	$^1/_2$	115	212
21	$^1/_2$	$10^1/_2$	$^1/_2$	5	$^1/_2$	132	255
22	$^1/_2$	11	$^1/_2$	5	$^1/_2$	135	277

Die Bezeichnung der Buchstaben ist dieselbe wie bei der Tabelle R.

1. Beispiel. Wie groß darf die zulässige Belastung eines Trägers sein, der 5^m (16′) freiliegt und dessen Widerstandsmoment für Metermaß 1643, für rheinländisches 97 beträgt? a) für Metermaß:

$$P = \frac{8\ k\ W}{l} = \frac{8 \cdot 700 \cdot 1643}{500} = 18400 \text{ Kilogr.}$$

Das Eigengewicht des Trägers wird sein: 134 · 5 = 670 Kilogr., folglich beträgt die zulässige Belastung cr. 18000 Kilogr.

b) für rheinländisches Maß:

$$P = \frac{8\ k\ W}{l} = \frac{8 \cdot 10000 \cdot 97}{16 \cdot 12} = 40147 \text{ Pfund.}$$

Hiervon das Eigengewicht des Trägers ab, nämlich 86 · 16 = 1376, demnach ist eine gleichmäßig vertheilte Belastung von cr. 400 Centnern zulässig.

2. Beispiel. Die Belastung von 35000 Kilogr. (70000 Pfd.) sei auf einen Blechträger von 6,28 m (20′) Länge gleichmäßig vertheilt, wie groß wird das Widerstandsmoment sein müssen?

a) für Metermaß:

$$W = \frac{P\ l}{8\ k} = \frac{35000 \cdot 628}{8 \cdot 700} = 3911.$$

Berücksichtigt man auch hier das Eigengewicht des Trägers, so würden 50 cm Höhe und 25 cm Breite vollkommen genügen.

b) für rheinländisches Maß:

$$W = \frac{P\ l}{8\ k} = \frac{70000 \cdot 20 \cdot 12}{8 \cdot 10000} = 210.$$

Nach Abzug des Eigengewichtes des Trägers sind demnach erforderlich 20″ Höhe, 10″ Breite.

Sollte die Berechnung größere Höhen als 0,6 m (24″) ergeben, so empfiehlt es sich, bei Unterstützung von Mauern, mehrere niedrigere Träger neben einander zu legen; bei Deckenunterstützungen kann man auch einen einzigen Blechträger mit entsprechender Höhe anwenden.

Bei sehr großer Belastung und Spannweite werden die Fairbairnschen Blechträger zur Anwendung gebracht. Es sind dies eigentlich nur doppelte zusammengekuppelte Blechträger mit schmiedeeisernen Gurtungs- und Deckplatten, wodurch besonders die vertikalen Bleche an Steifigkeit und Widerstandsfähigkeit gewinnen. Diese Art ist auch unter dem Namen hohle Blechträger oder Kastenträger allgemein bekannt (Fig. 482 und 483).

Das Verhältniß der inneren Breite zur Höhe des Kastenträgers kann 1 : 2 oder 2 : 3 betragen und für den Hochbau genügt als ganze Höhe $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{30}$ der ganzen freien Spannweite.

Im Uebrigen gelten für derartige Träger die oben angegebenen Bestimmungen der einfachen Blechträger. — Nach den in

Fig. 483 angegebenen Bezeichnungen würde alsdann das Trägheitsmoment sein:

$$J = \frac{1}{12} [b\,h^3 - b''\,h''^3 + (b' + b''' - b)\,h'^3 - (b''' - b'' - b')\,h'''^3].$$

Fig. 482.

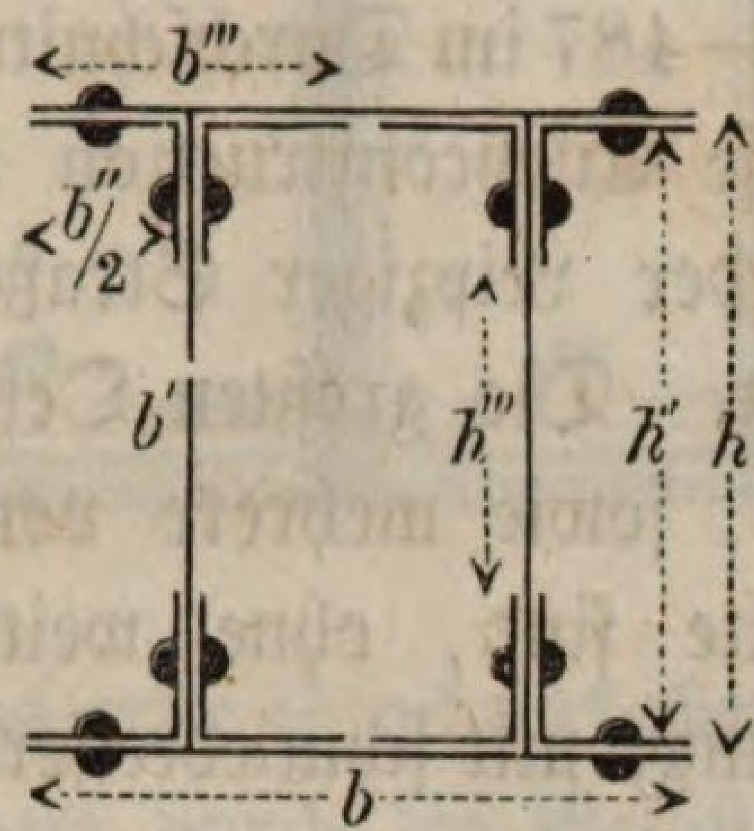
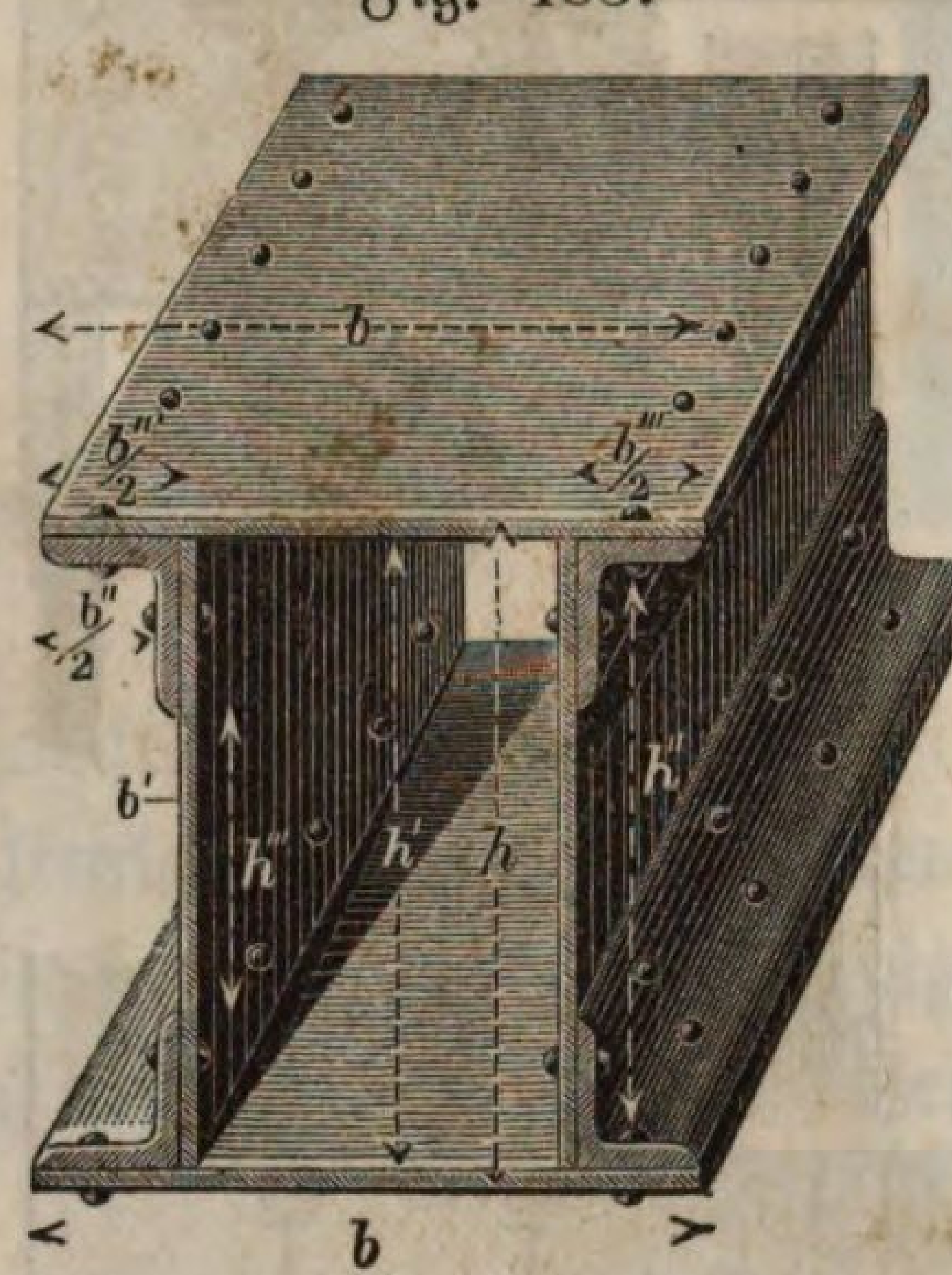


Fig. 483.



Die hohlen Blechträger kommen im Hochbau nur selten vor, weshalb sie hier nur flüchtig Erwähnung finden; einige Beispiele geben noch Fig. 504 und 529.

Die Anwendung der schmiedeeisernen Träger, sowohl der Eisenbahnschienen, doppelten T-Eisen, als auch Blechträger.

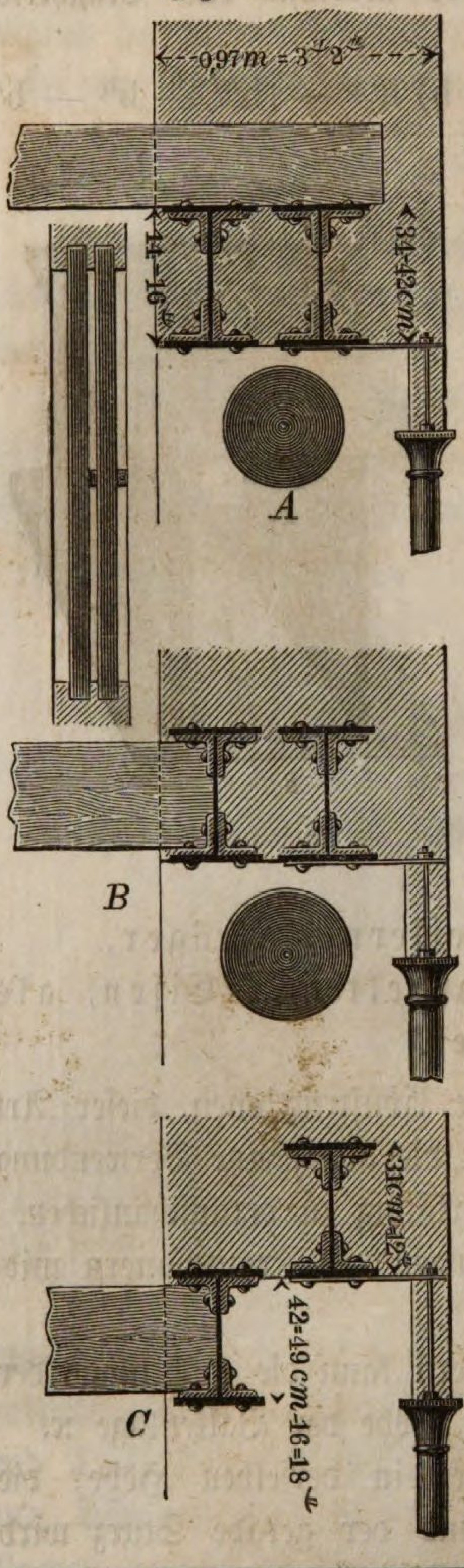
Wir haben zwar schon früher einige Constructionen dieser Art mitgetheilt, jedoch geschah dies dort nur um die allgemeine Verwendung der eisernen Tragbalken bei Frontmauern vorläufig zu veranschaulichen.

Wir wollen nun zunächst das Unterfangen der Frontmauern mittels Blechträgern besprechen.

Ebenso wie bei den gußeisernen Trägern kann die Höhenlage der Blechträger verschiedenartig sein, je nach der Höhe der Balkenlage 2c.

In Fig. 484 A liegen die Blechträger in derselben Höhe, die Balkenlage hingegen liegt über derselben und der gerade Sturz wird ebenso gebildet wie schon früher bei Fig. 446 B und C beschrieben wurde. Der innere Blechträger ist, der tiefer liegenden Balkenlage wegen, versenkt angeordnet, so daß Raum für die Rolljalousie entsteht. Der untere resp. der innere Träger wird bei B und C höher construirt, als der äußere; die freiliegende Länge kann bei allen drei Fällen bis cr. 6,25 m (20′) betragen, während die Höhe des Trägers, je nach der Länge und Belastung, zwischen 31—46 cm (12—18″) schwankt.

Fig. 484.



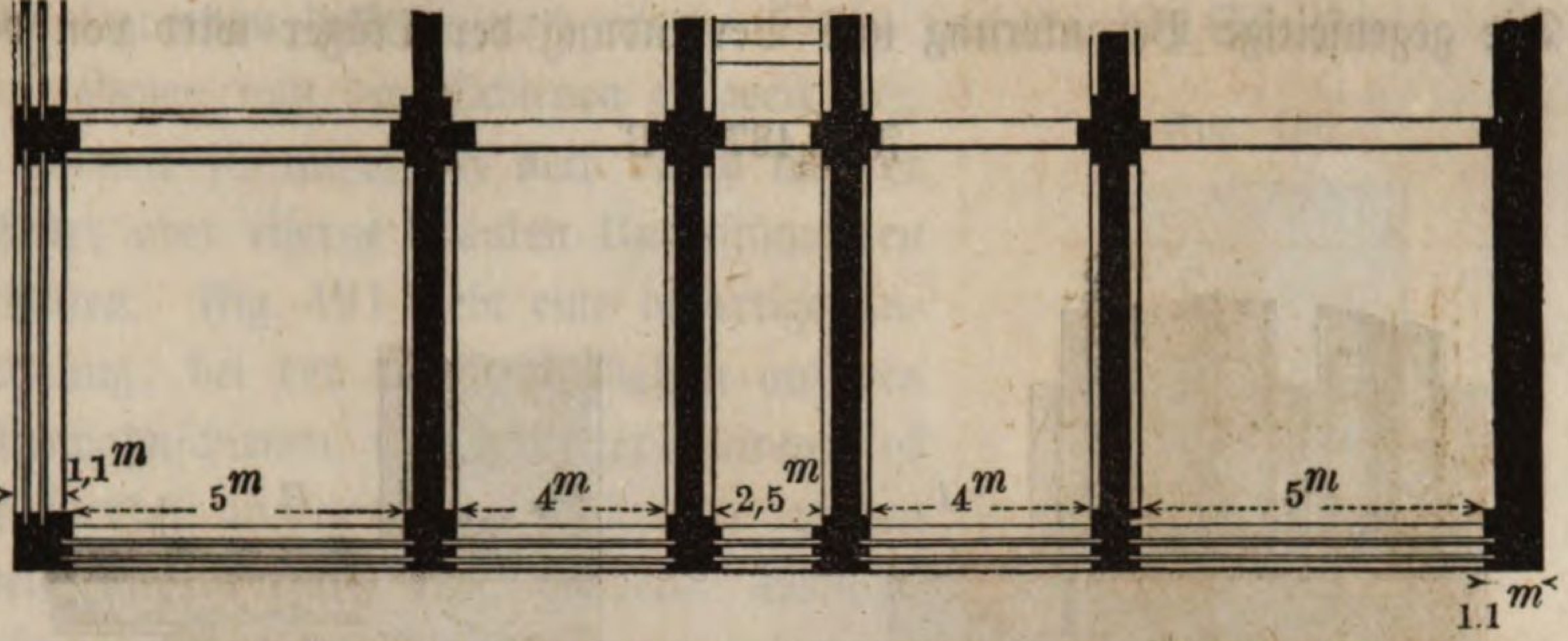
Die Stärke des vertikalen Bleches beträgt 0,6 cm (1/4″), die der Deckplatte 1,3 cm (1/2″) und die Länge des Schenkels beim Eckeisen cr. 8 cm (3″). Eine umfassende Anwendung der Blechträger geben Fig. 485—487 im Durchschnitt und Grundriß. Diese Eisenconstruction ist in einem Gebäude der Leipziger Straße in Berlin ausgeführt. Die größten Oeffnungen von 5 m (16′), sowie mehrere von 4 m (13′) Spannweite sind, ohne weitere Mittelunterstützung, mit schmiedeeisernen Doppelträgern überdeckt.

Fig. 485 zeigt die Ecke eines Theiles dieses Gebäudes.

Außer dem Erdgeschosse enthält es noch vier Stockwerke und eine ziemlich hohe Drempelwand, so daß die Höhe vom Pflaster bis zum Hauptgesimse cr. 19 m (60′) mißt. Die Mauerstärke im Erdgeschoß beträgt 0,80 m (2′ 7″). Die Pfeiler haben die geringe Breite von 0,80 m (2′ 7″) und 1,10 m (3 1/2′) und sind in Ratenower Mauersteinen und englischem Cement ausgeführt. Die ganze Frontwand ruht fast ausschließlich auf schmiedeeisernen Doppelträgern, welche folgende Dimensionen haben:

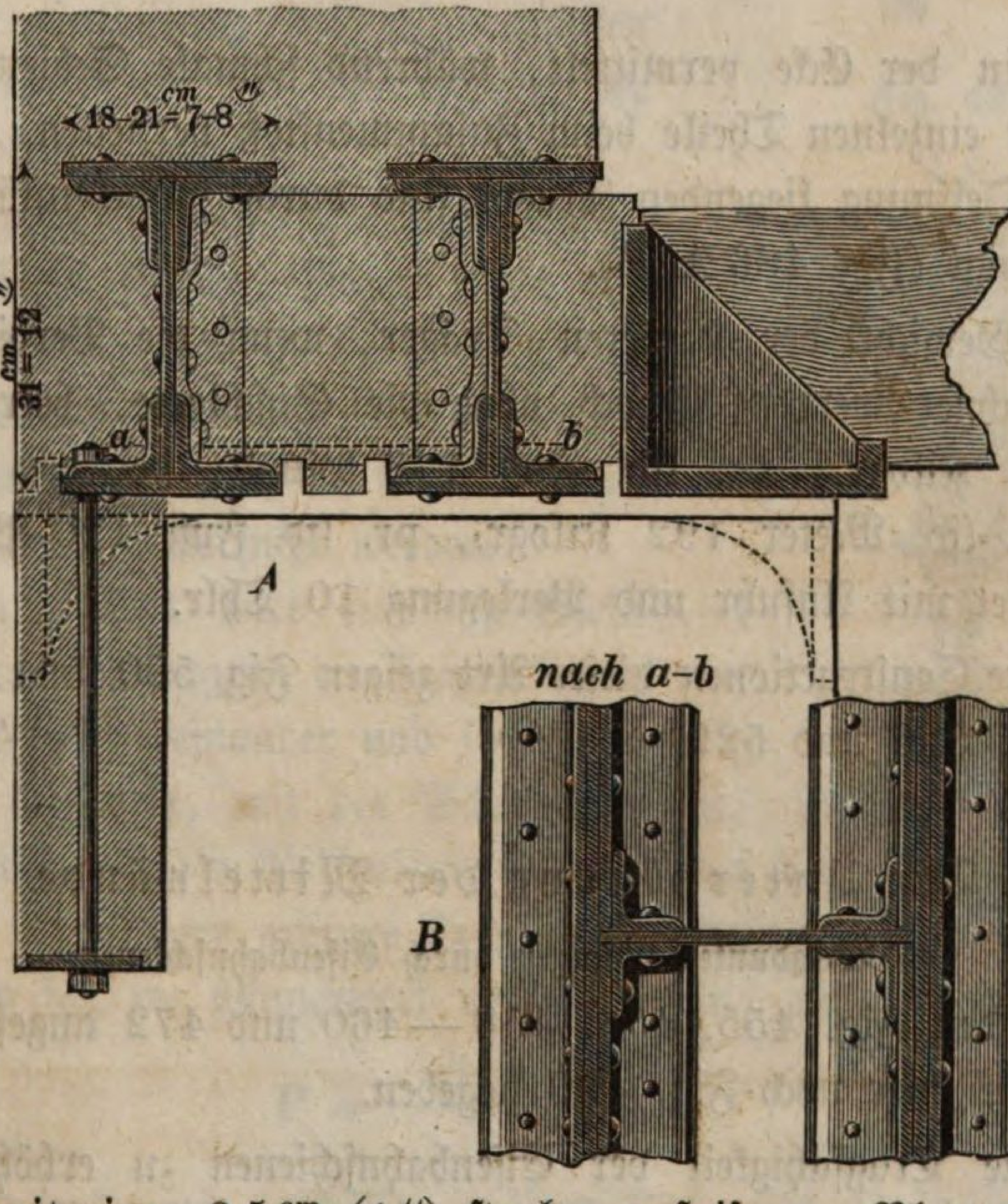
	Bei 5 m (16′) freiliegenden Trägern.	Bei 4 m (13′) freiliegenden Trägern.
Vertikale Bleche.	1,30 cm (1/2″)	1,0 cm (3/8″)
Deckplatten.	1,30 cm (1/2″)	1,0 cm (3/8″)
Schenkellänge des Eckeisens.	9 cm (3 1/2″)	12 cm (2 1/2″)
Ganze Breite des Trägers.	21 cm (8″)	18 cm (7″)
Ganze Höhe des Trägers.	31,4 cm (12″)	31,4 cm (12″)

Fig. 485.



Da das erste Stockwerk ebenfalls zu Geschäftsräumen verwendet wird, und außerdem durch die Belastung der Balkenlage noch größere Dimensionen der Träger nöthig geworden wären, so fand man es zweckmäßiger, der letzteren ein besonderes Auflager (Fig. 486 A) zu geben. Jeder

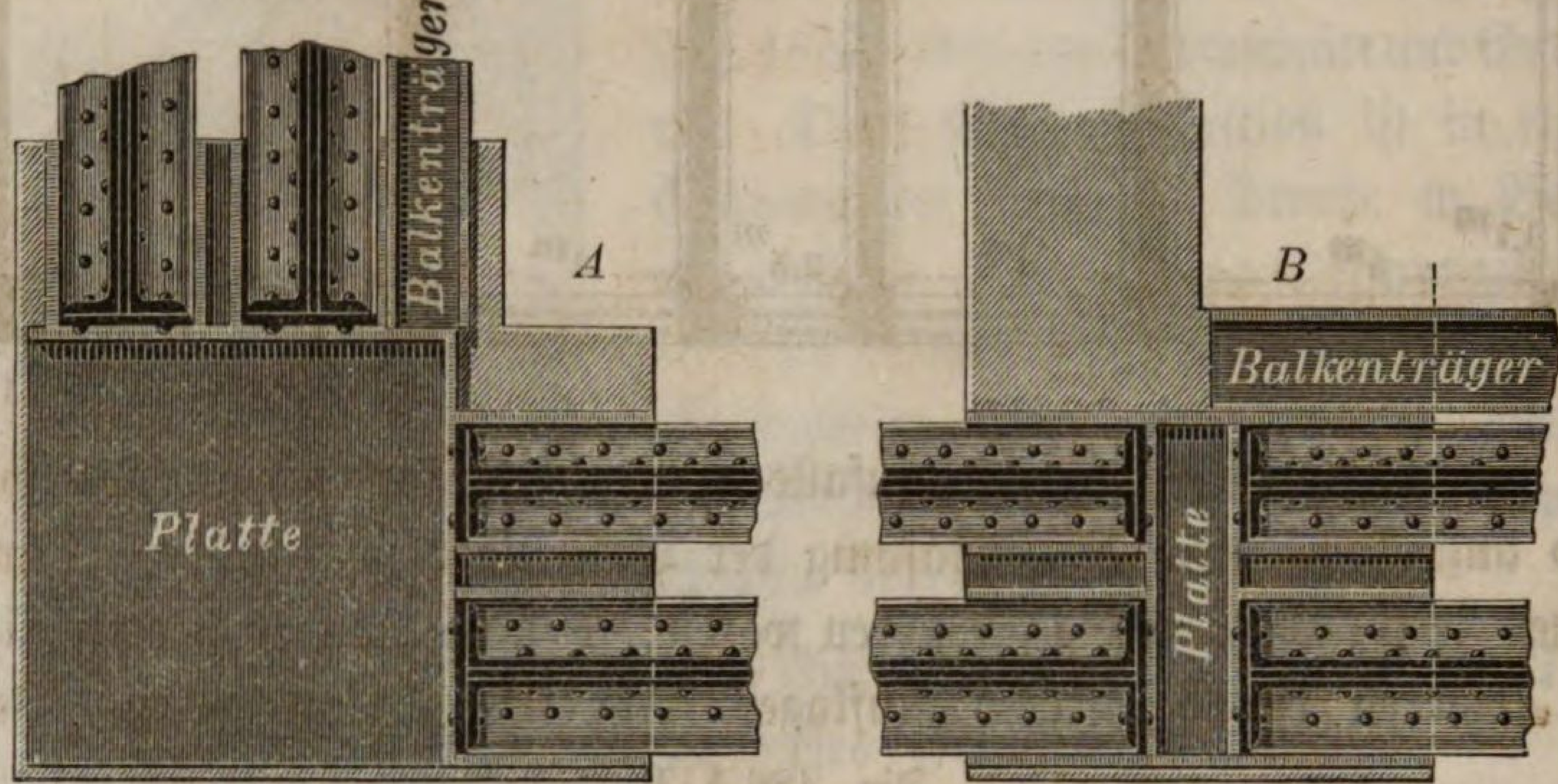
Fig. 486 A B.



Pfeiler ist mit einer 2,5 cm (1″) starken gußeisernen Platte bedeckt, um eine bessere Vertheilung der Belastung auf die Unterfläche zu bewirken, und liegen die Träger platt auf derselben (Fig. 487 A B).

Die Platten sind durch angegossene Lappen auf dem Pfeiler befestigt. Die gegenseitige Verankerung und Verbindung der Träger wird von der

Fig. 487 A B.



Gußplatte in der Ecke vermittelt, während schmale Schienen die Verbindung der einzelnen Theile beim Zusammenstoß herstellen. Die beiden über jeder Oeffnung liegenden Träger sind durch Zwischenstücke mit einander vereinigt (Fig. 486 A B).

Das Gewicht der stärkeren Träger, wenn die Verbindungsstücke mit eingerechnet werden, jedoch ohne die Gußplatte, beträgt pr. lfd. Meter 218 Kilogr., pr. lfd. Fuß 136 Pfund; bei den schwächeren Trägern pr. lfd. Meter 192 Kilogr., pr. lfd. Fuß 120 Pfund. Der Centner kostet mit Anfuhr und Verlegung 10 Thlr.

Weitere Constructionen dieser Art zeigen Fig. 500. 501. 503. 505. 521—523. 526 und 529.

Die Unterstützung der Mittelwände.

a) Wandunterstützungen durch Eisenbahnschienen.

Außer den Fig. 455. 456. 458—460 und 472 angeführten Constructionen sei hier noch Fig. 490 gegeben.

Um die Tragfähigkeit der Eisenbahnschienen zu erhöhen, werden nicht nur zwei Schienen übereinander genietet (Fig. 462), sondern lassen sich auch zwei neben einander liegende Eisenbahnschienen durch Lappen (Fig. 490) zusammen verkuppeln. Bei stärkeren Wänden pflegt dies

stets zu geschehen, damit die Mauermasse ein besseres Auflager gewinnt, auch legt man deshalb noch eiserne Stäbe zwischen die Schienen.

Liegen nun die Schienen zu weit frei, so können sie außerdem noch durch massive Pfeiler oder eiserne Säulen Unterstützungen erhalten. Fig. 491 giebt eine derartige Anordnung, bei der die Etagenbalken auf den Eisenbahnschienen ihr Auflager finden; es ist hierbei angenommen, daß, der großen Belastung wegen, eine doppelte Säulenstellung nöthig sei.

Fig. 490.

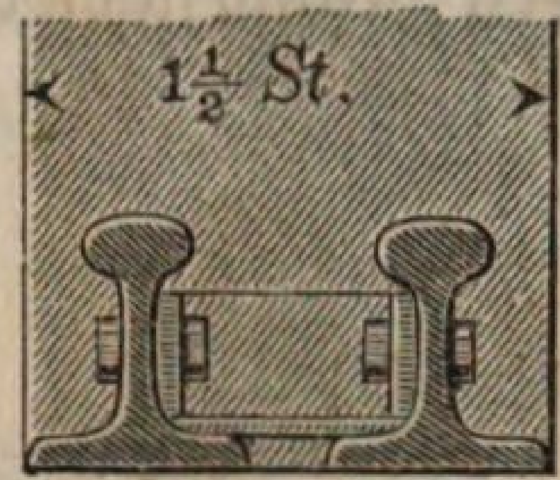
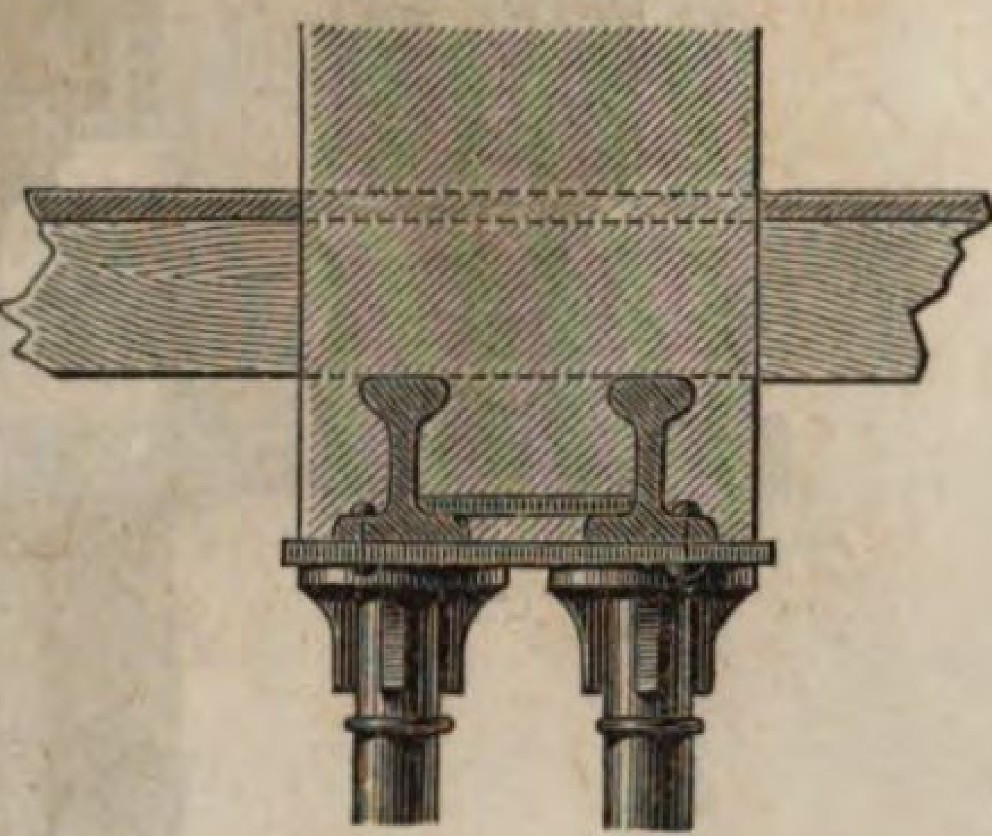


Fig. 491.

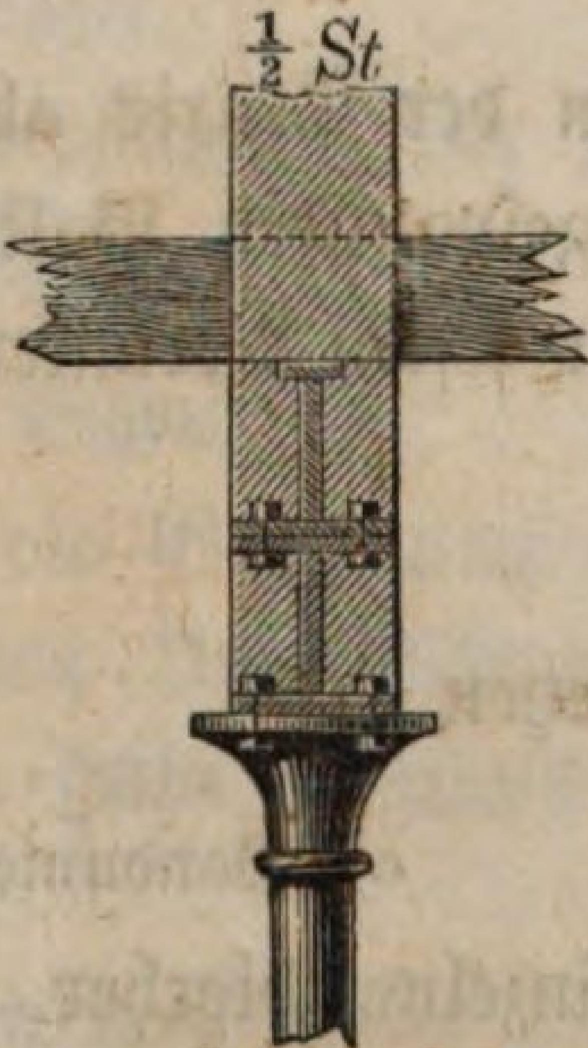


b) Wandunterstützungen durch gußeiserne Träger.

Die bei der Unterstützung der Frontmauern hervorgehobenen Grundsätze gelten ebenfalls bei den Mittelmauern; insbesondere ist die Entlastung der Mauermassen (siehe Fig. 450) und die Verankerung der Träger zu berücksichtigen.

Z. B. stellt Fig. 492 die Unterstützung einer $^1/_2$ Stein starken Mauer dar; zur größeren Sicherheit sind hierbei 2 gußeiserne Träger auf einander verbolzt, welche, wegen der angenommenen großen freien Länge, noch von Säulen unterstützt werden.

Fig. 492.



In Fig. 493 A wird eine $^1/_2$ Stein starke Mauer aufgefangen; die Träger liegen hierbei jedoch neben einander und sind, wie im vorigen Beispiele, mit der Säule verbolzt. In beiden genannten Fällen befindet sich die Balkenlage ebenfalls auf den Trägern.

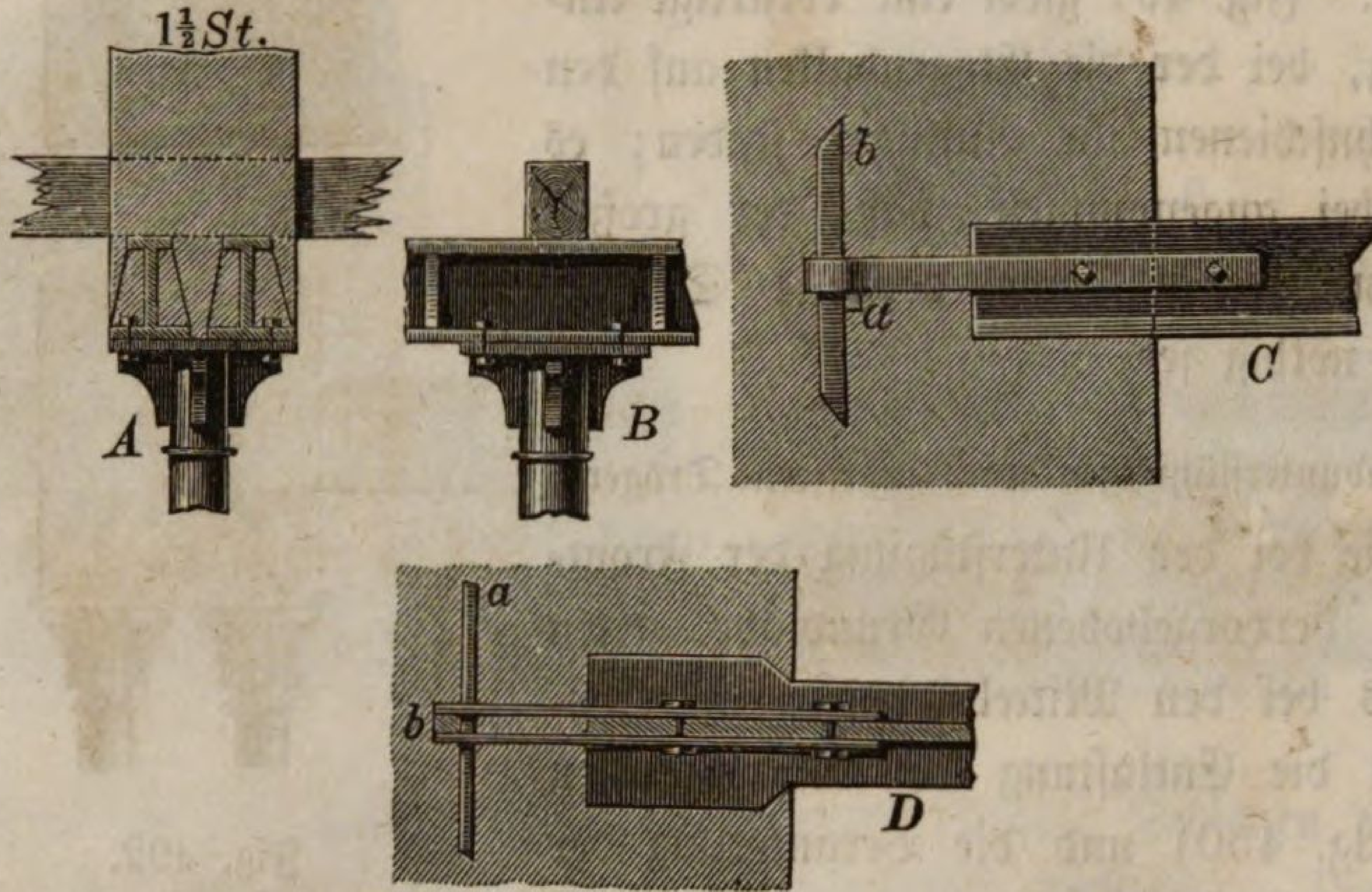
Sollen die Träger größere Tragfähigkeit besitzen, so müssen sie mit beiden Enden fest im Mauerwerk verankert sein, alsdann ist

$$P = \frac{12 \text{ k W}}{l}.$$

Die Verankerung geschieht in der Fig. 493 C D angegebenen Weise. Zweckmäßig ist es, wenn die Auflagefläche der gußeisernen Träger breiter gegossen wird, damit der Druck sich besser vertheile.

Der Splint b geht senkrecht durch mehrere Schichten und, um eine bessere Verbindung herzustellen, verbindet die dünne Eisenstange a sämmtliche vorhandene Splinte. Es ist dies besonders bei den eisernen Balken, welche den Kappengewölben als Widerlager dienen, zu empfehlen.

Fig. 493 A — D.



In der Praxis aber thut man besser, die theoretische Wirkung des fest eingespannten Balkens außer Acht zu lassen, vielmehr den Träger, trotz der festen Verankerung, als freiliegend zu berechnen, also die Formel

$$P = \frac{8\ k\ W}{l}$$

zu benutzen.

c) Wandunterstützungen durch schmiedeeiserne T-Träger.

Einzelne hierher gehörige Constructionen sind schon in den Fig. 469 und 470 gegeben.

Anstatt zwei T-Eisen (Fig. 470) zusammenzukeilen oder durch Gußstücke zu verbinden, können auch drei und mehr in ähnlicher Weise vereinigt werden.

Weit freiliegende T-Träger erhalten am besten eine Säulenunterstützung, wie Fig. 494 eine solche zeigt und bei Wänden von 1 — $1\frac{1}{2}$ Stein Stärke vorkommt. An den Säulenkopf ist eine Aufnahmeplatte angegossen, welche von zwei angegossenen Consolen gestützt wird. Die Aufnahmeplatte hat zwei Ränder, damit die Träger nicht seitlich ausrutschen können.

Bei stärkeren Mauern müssen die Flanschen des doppel T=Eisens breiter sein, alsdann läßt sich die Unterstützung des Trägers nur durch zwei neben einander stehende Säulen bewirken. Aus diesem Grunde wird auf die Säulenköpfe eine breite Aufnahmeplatte geschraubt, auf welche die T=Träger zu liegen kommen (Fig. 495).

Fig. 494.

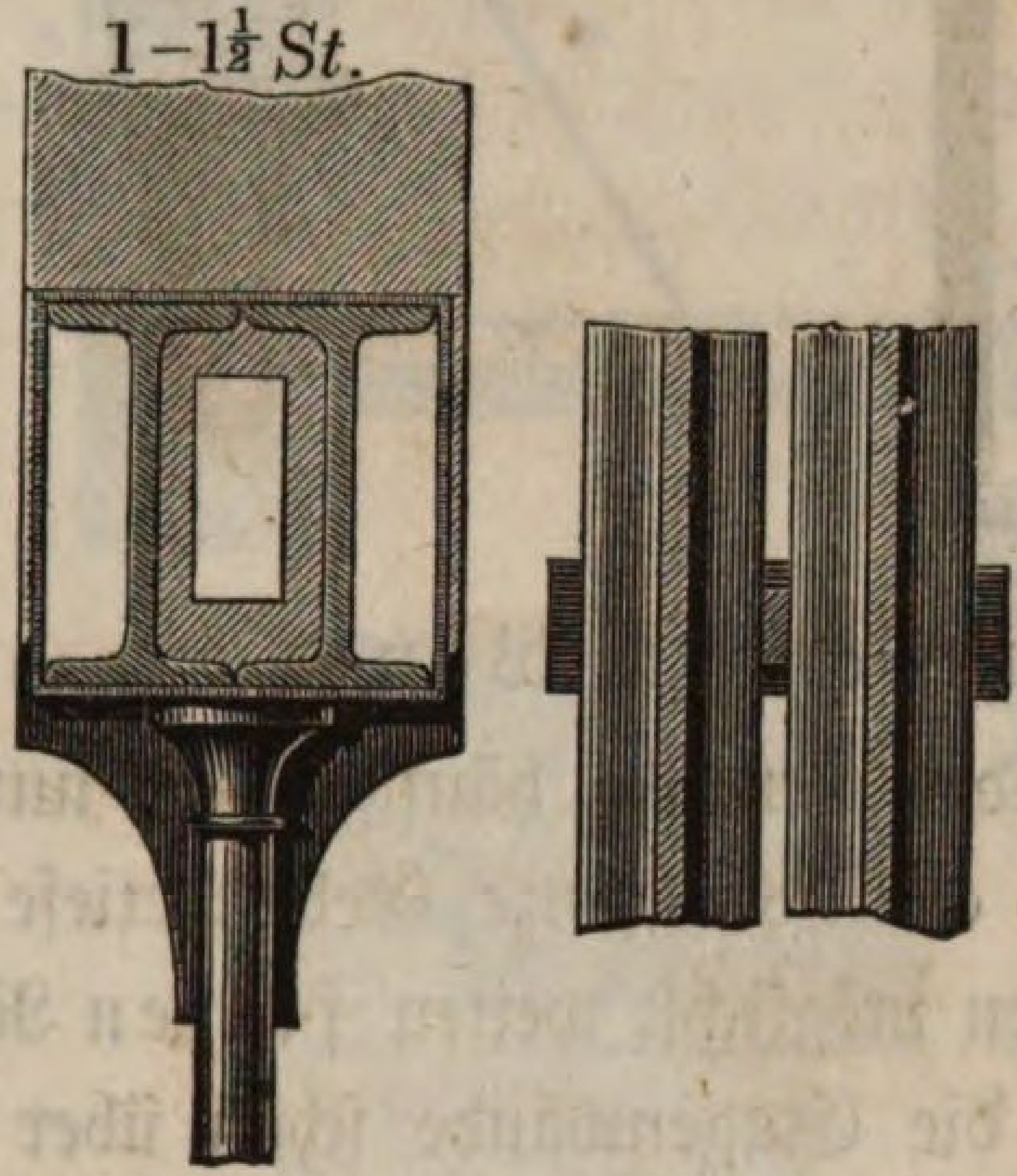
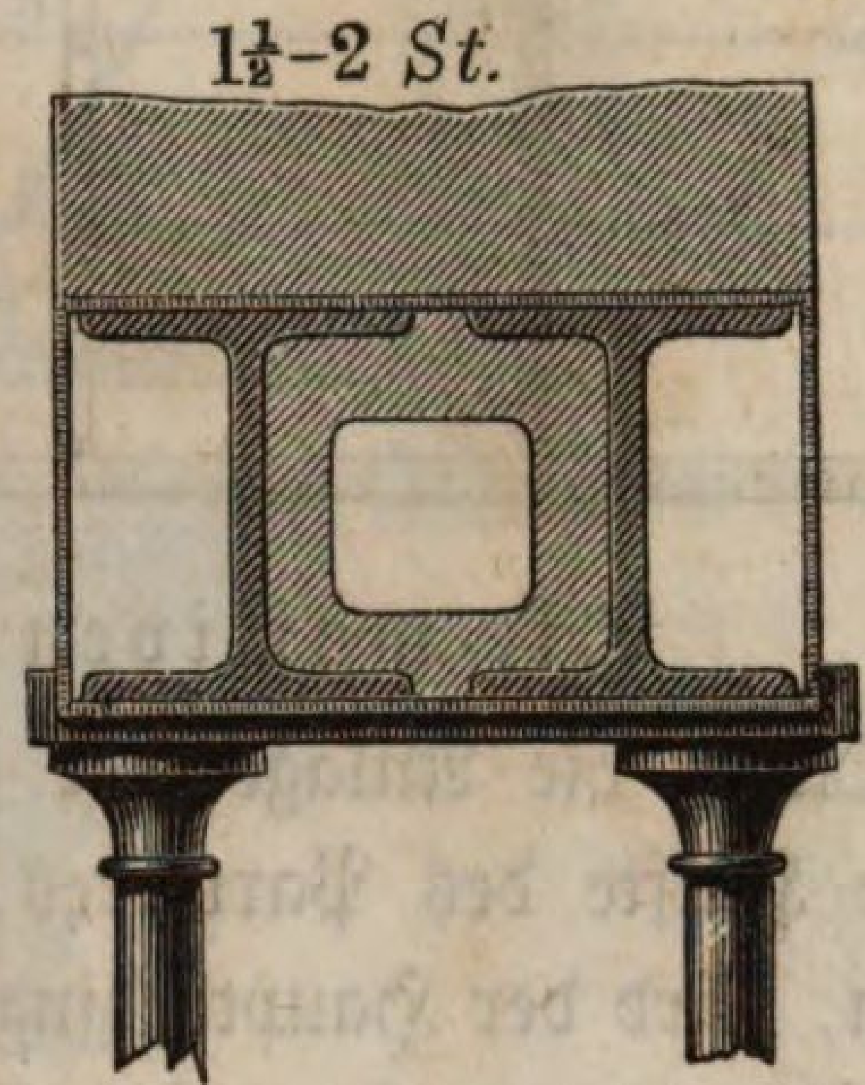


Fig. 495.



d) Wandunterstützungen durch Blechträger.

Die Verwendung dieser Tragbalken zur Unterstützung der Mittelmauern wird weiter unten Fig. 500 und 501 gezeigt.

e) Wandunterstützungen durch massive Bögen.

Bei den bisher gegebenen Beispielen war die Bedingung gestellt, daß die Mauern mit weit auseinander stehenden Unterstützungen zu unterfangen seien, gleichzeitig aber sollte die lichte Höhe möglichst wenig verringert werden.

Ist nun das Letztere nicht unbedingt geboten und bleibt die lichte Weite des Raumes groß genug um eine Bogenstellung leicht anzuordnen, so können in bestimmten Entfernungen, etwa alle 2—2,5 m (6—8′) eiserne Säulen errichtet werden, auf deren Kopfplatten die zu spannenden Bögen hinreichendes Widerlager finden. Es geschieht dies in der Fig. 496 A und B dargestellten Weise; a in Fig. 496 A zeigt die Säulenstellung. Der Kopf der Säulen muß ziemlich breit sein, und kann man denselben bei reicher Ausstattung der Räume mit einem weit ausladenden Säulenknauf versehen.

Ueber den Bögen lagern die übrigen Mauermassen der Etagen und ruhen wohl auch noch die Etagenbalken.

Fig. 496 A.

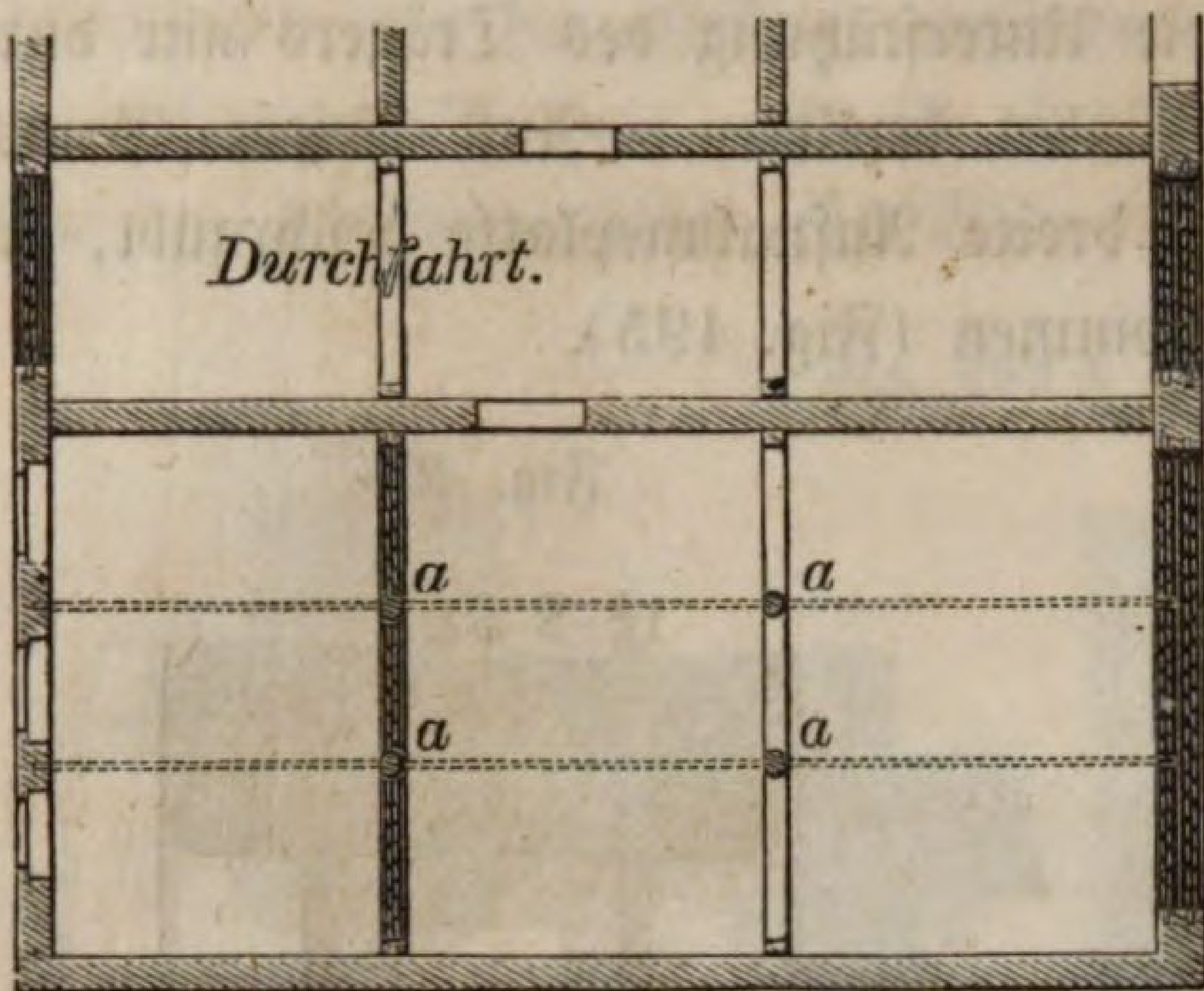


Fig. 496 B.



Die massiven freischwebenden Wände.

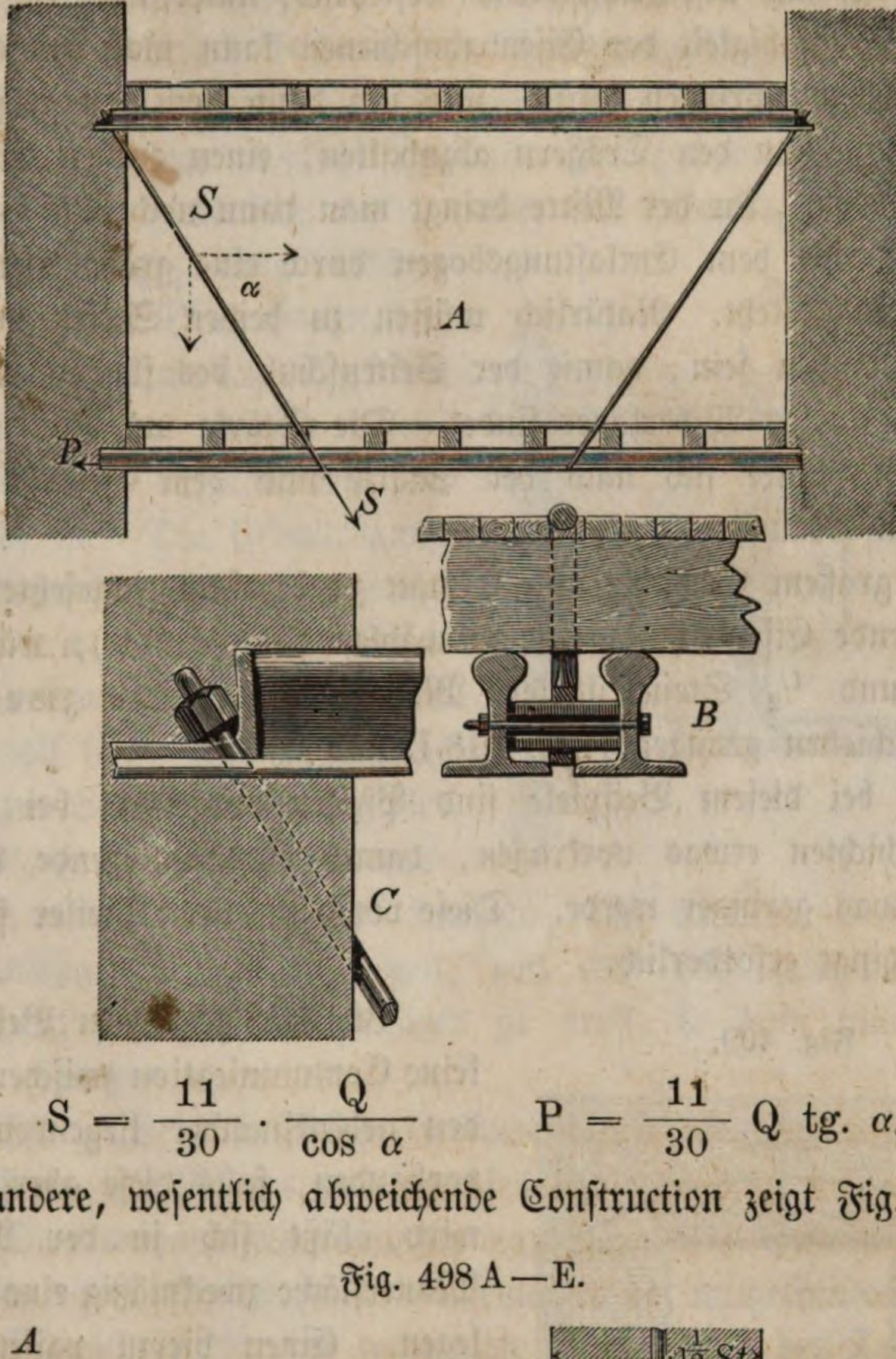
Durch die Anlage der großen Läden, welche häufig nicht nur die vordere Hälfte des Parterres, sondern auch die ganze Gebäudetiefe einnehmen, wird der Hauptbedingung, einen möglichst weiten freien Raum zu schaffen, dadurch entsprochen, daß die Etagenwände schon über dem Parterre endigen und hier durch Träger unterstützt werden. Sind die zu unterstützenden Wände lang, oder ruht auf ihnen eine starke Belastung, so muß die freie Spannweite durch Säulenunterstützung ꝛc. oder durch Auffang resp. Hängestangen in kürzere Theile zerlegt werden.

Beispielsweise dienen die in Fig. 447 neben einander gelegten zwei Eisenbahnschienen als Träger einer größeren Balkenlage. Die freiliegende Länge der Schiene sowie die etwa durch eine Fachwerkswand entstehende Belastung sei so groß, daß ein Durchbiegen stattfinden könnte; in diesem Falle muß man dieser Biegung durch Unterstützung oder Auffangen der Schienen begegnen. Es geschieht dies am besten nach Fig. 497 mittels zweier schräg gestellten Hängestangen, welche oberhalb und unterhalb mit den Schienen in der Fig. 497 B und C angegebenen Weise verbunden sind.

Die ganze gleichmäßige Belastung vertheilt sich dann theils auf die Mauer, theils auf die Hängestangen. Will man den Querschnitt der letzteren ermitteln, so müssen zunächst die Spannungen in den Stangen und Schienen bestimmt werden.

Es ist, wenn S den Zug in einer Strebe, Q die Belastung auf den Eisenbahnschienen und α den Neigungswinkel, den die Strebe mit der Horizontalen bildet, bedeutet:

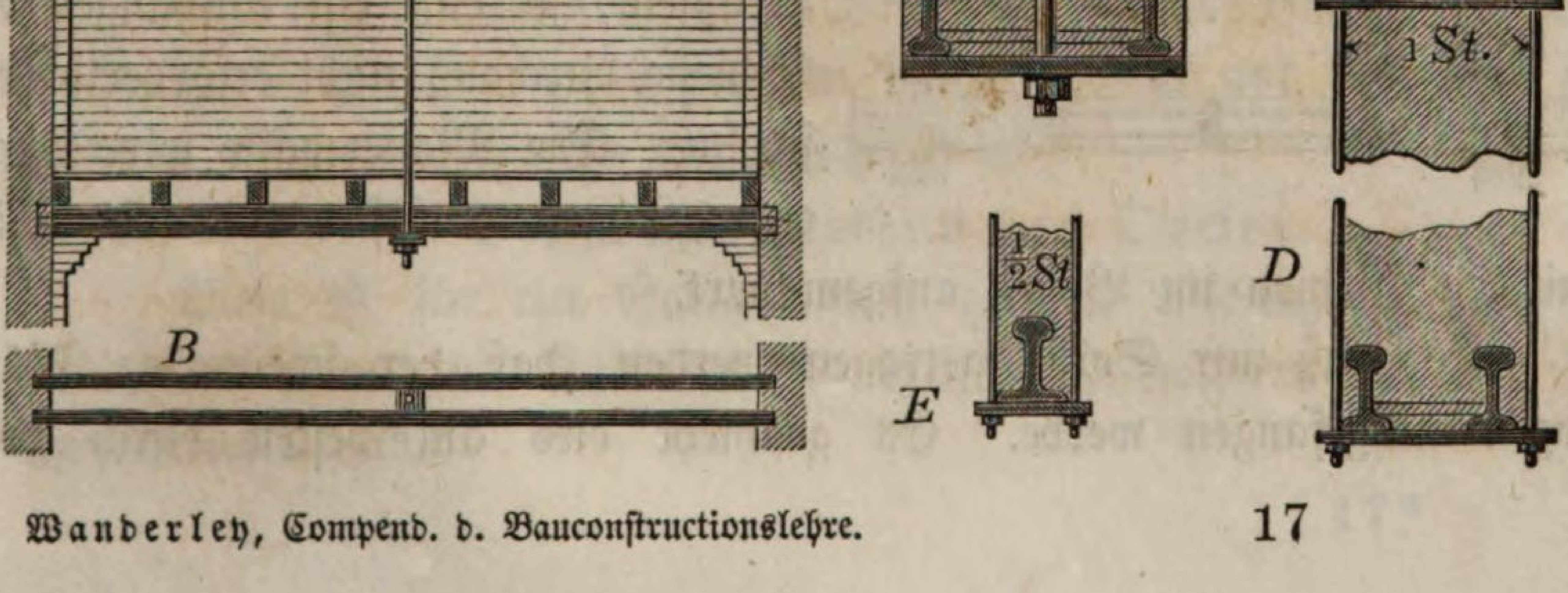
Fig. 497 A—C.



$$S = \frac{11}{30} \cdot \frac{Q}{\cos\,\alpha} \qquad P = \frac{11}{30}\,Q\,\operatorname{tg}.\,\alpha.$$

Eine andere, wesentlich abweichende Construction zeigt Fig. 498 A.

Fig. 498 A—E.

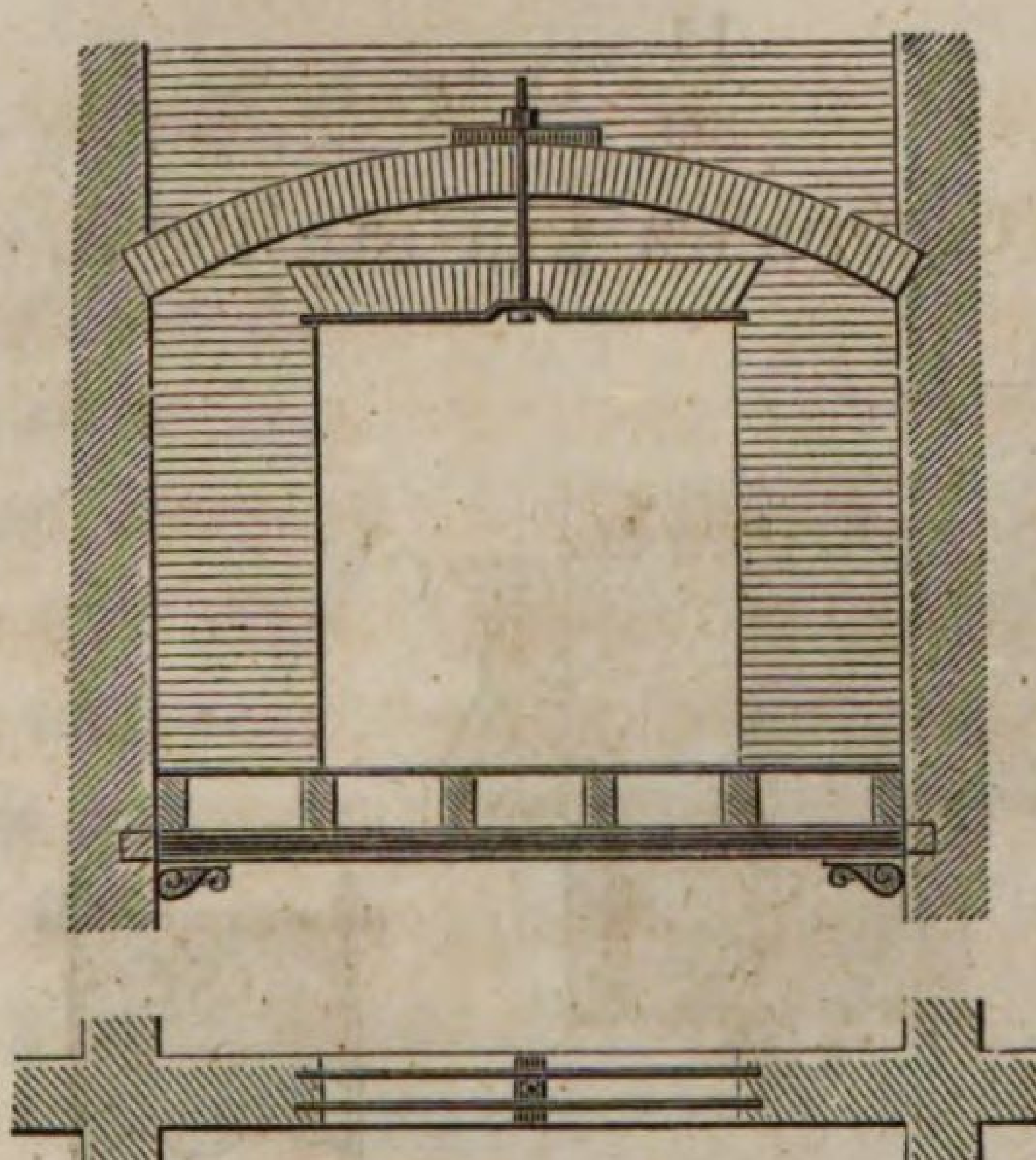


Hier wird eine volle Mauer und außerdem noch die Balkenlage von Trägern, aus Eisenbahnschienen bestehend, unterstützt; zur Vergrößerung der Tragfähigkeit der Eisenbahnschienen kann man an jeder Seite einen Pfeiler vorspringen lassen, und um dann noch den größten Theil der Belastung von den Trägern abzuhalten, einen großen Entlastungsbogen anordnen. In der Mitte bringt man dann noch eine Hängestange an, welche mit dem Entlastungsbogen durch eine große eiserne Platte in Verbindung steht. Natürlich müssen zu beiden Seiten noch Querwände vorhanden sein, damit der Seitenschub des flachen Bogens ein hinreichend starkes Widerlager findet. Die Stärke und Zahl der Eisenbahnschienen richtet sich nach der Stärke und dem Gewicht der aufzufangenden Mauern.

Bei großem Gewichte pflegt man zwei zusammengesetzte nebeneinander liegende Eisenbahnschienen zu wählen (Fig. 498 C), während bei 1 Stein und $1/2$ Stein starken Mauern eine oder zwei einfache Eisenbahnschienen genügen (Fig. 498 D und E).

Auch bei diesem Beispiele sind Pfeiler vorgelegt, bei denen die oberen Schichten etwas vorkragen, damit die freiliegende Länge der Schiene etwas geringer werde. Diese vorspringenden Pfeiler sind jedoch nicht unbedingt erforderlich.

Fig. 499.



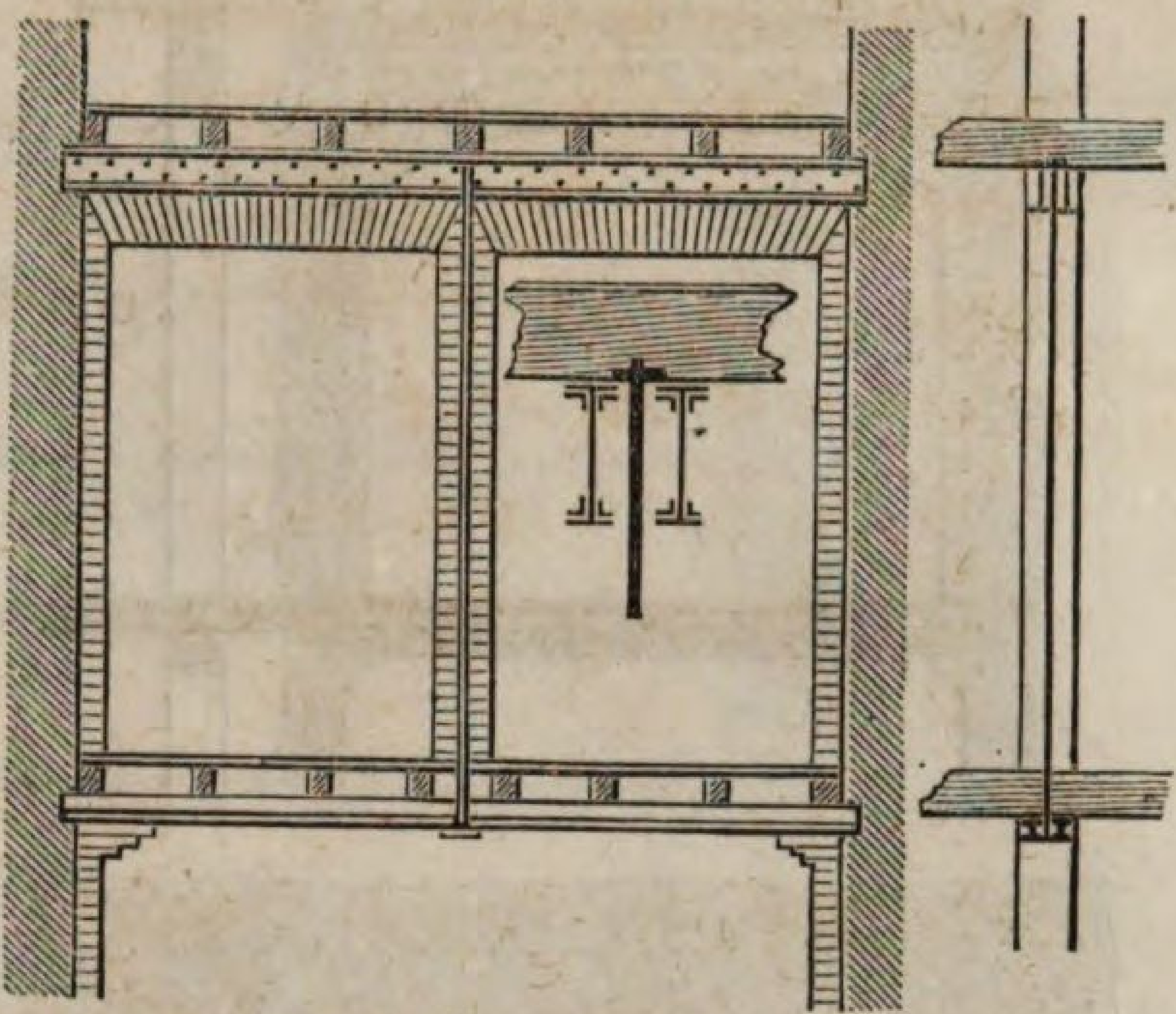
In den gegebenen Beispielen ist keine Communication zwischen den beiden nebeneinander liegenden Räumen vorhanden, falls diese aber gewünscht wird, läßt sich in der Mitte der Mauerfläche zweckmäßig eine Thür anlegen. Einen hierzu passenden Fall zeigt Fig. 499. Hierbei ist die freiliegende Länge der Eisenbahnschienen kleiner angenommen als im früheren Beispiele, so daß ein Aufhängen der Schiene durchaus nicht erforderlich erscheint. Die Mauermasse wird durch einen Bogen entlastet und die Thür mit Hohlsteinen im Bogen aufgemauert.

Es muß nur Sorge getragen werden, daß der scheitrechte Thürbogen aufgefangen werde. Es geschieht dies am besten durch zwei

flachkantige Schienen, welche wiederum mittels eines Hängeeisens am Entlastungsbogen anhängen und den scheitrechten Bogen unterstützen.

Die mehrfach besprochenen Entlastungsbögen beanspruchen starke Widerlager, sind diese nicht vorhanden, so muß man eine Construction wählen, die einen möglichst geringen Seitenschub veranlaßt. Eine derartige Lösung giebt Fig. 500, wobei ein Blechträger die obere Balkenlage unterstützt; dieser Träger erfordert solche Dimensionen, daß er noch einen großen Theil der Belastung der unteren Eisenbahnschienen aufzunehmen im Stande ist. Die Uebertragung der Belastung geschieht wiederum durch eine Hängestange. Die Ausmauerung kann entweder ganz voll sein, oder es können auch, zur Verminderung des Gewichtes, große Oeffnungen ausgespart bleiben, nur ist zu beachten, daß entweder beide Seiten, der gleichmäßigen Belastung wegen, voll oder hohl sein müssen. Ist die Belastung für einen Blechträger zu groß, so kann man zwei kleinere neben einander legen.

Fig. 500.



Für große mehrstöckige Gebäude dürfte unter allen Umständen eine Entlastung der Mauer zu empfehlen sein.

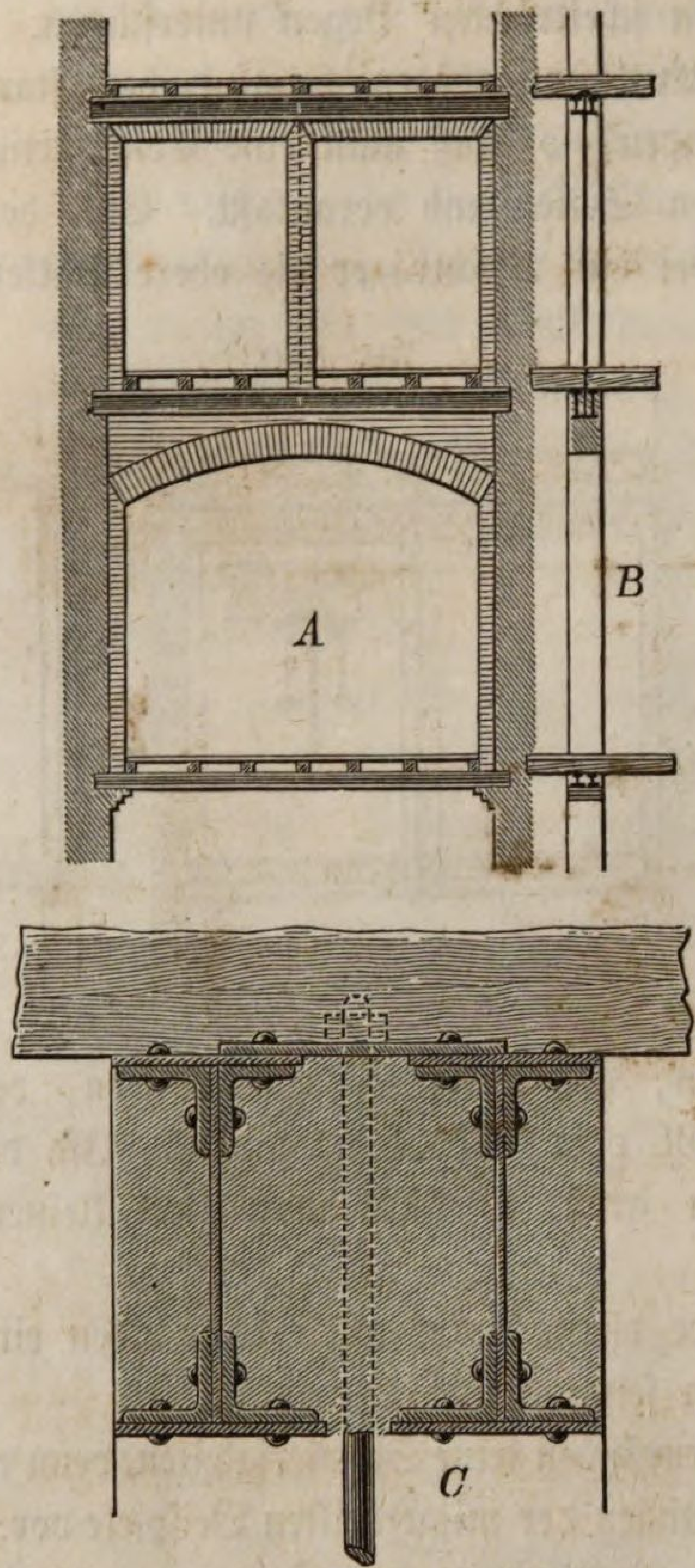
Die erwähnten Anordnungen verursachen keine Schwierigkeiten, denn es kommen dabei lediglich Zusammensetzungen der mitgetheilten Beispiele vor.

Fig. 501 giebt eine combinirte Verwendung der Träger ꝛc., wobei wir nur erwähnen, daß die oberen Constructionstheile, da sie die unteren Belastungen aufnehmen, die größten Dimensionen erhalten müssen. Es ist dabei angenommen, daß die Belastung der zweiten Etage mit $^5/_8$ Q an den obersten Blechträgern hängt. Letztere sind doppelt angeordnet, so daß das Hängeeisen sich zwischen ihnen befindet und mit einer starken Platte auf den Flanschen liegt (Fig. 501 C).

Die Construction der Decken.

Diese ist für ein Gebäude von größter Wichtigkeit, denn davon hängt nicht nur die Solidität des Bauwerks, sondern auch die Feuergefährlichkeit ab.

Fig. 501 A — C.



Man nennt eine Decke feuerfest, wenn die dazu verwendeten Materialien dem Feuer möglichst großen und langen Widerstand leisten. In Wirklichkeit kann allerdings keine Construction als absolut feuersicher betrachtet werden, denn wenn auch gewisse Baumaterialien unverbrennbar sind, so wird doch die durch die Einwirkung der Hitze entstehende Ausdehnung derselben den Einsturz bewirken können.

Je nach dem Grade der Verbrennbarkeit lassen sich die Decken eintheilen in:

1) nicht feuersichere Decken,
2) halb feuersichere Decken,
3) ganz feuersichere Decken.

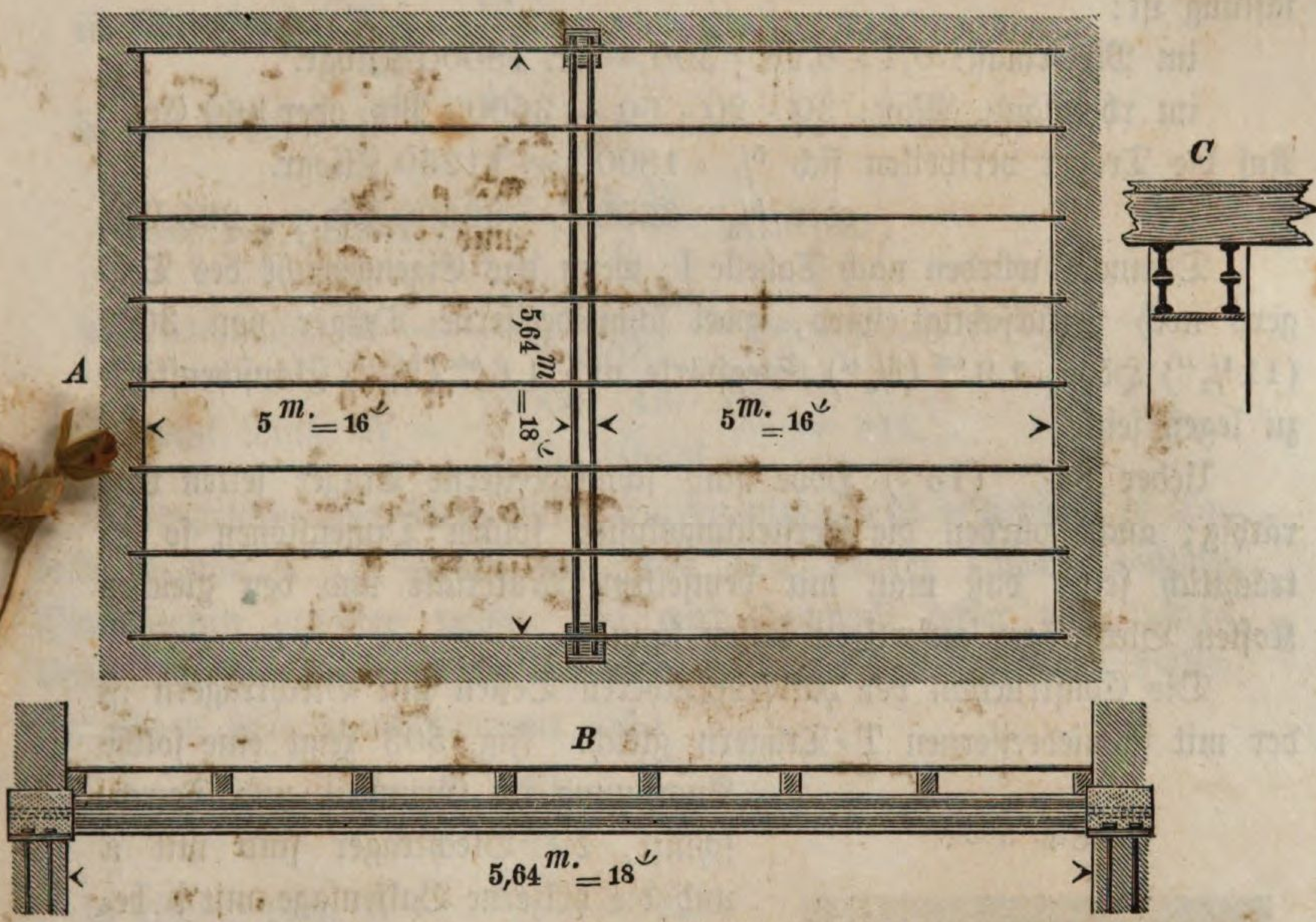
Zur ersten Klasse gehören die hölzernen Decken auf hölzernen Balkenlagen, wie wir dieselben schon in der II. Abtheilung besprochen haben.

Zu den halbfeuersicheren Decken rechnet man diejenigen, welche zwar auf hölzernen Balkenlagen ruhen, letztere jedoch Unterstützung durch eiserne Balkenträger erhalten.

Die einfachste Unterstützung dieser Art geschieht mit Eisenbahnschienen, wie Fig. 502 A im Grundriß zeigt. Nach der geringsten Tiefe des Raumes liegen die Träger, die Entfernung darf aber nicht über $6^1/_4$ m (20′) betragen, da die größte Länge der Eisenbahnschienen nur $6^1/_2$ m (21′) beträgt. Damit bei einer solchen Breite die Schienen ein besseres Auflager erhalten, werden Vorsprünge von $^1/_2$ Stein Stärke angelegt, wodurch das Schienenauflager um 15 cm (6″) an jeder Seite

vermehrt wird. In der Regel ist die Belastung der Balken so groß daß mehrere Eisenbahnschienen nebeneinander erforderlich sind.

Fig. 502 A — C.



Bei größerer Belastung kann man übereinander gestellte **gekuppelte** Schienen verwenden, welche dann noch in gußeisernen Stühlen liegen müssen (Fig. 502 C).

Nach der Tabelle H darf die gleichmäßig vertheilte Maximalbelastung der zwei gekuppelten 13 cm (5″) hohen Eisenbahnschienen, incl. Eigengewicht der Balkenlage, bei 5 m (16′) Länge und wenn beide Enden frei aufliegen, 10800 Kilogr. oder 21600 Pfund betragen.

Nehmen wir pr. □ m Balkenlage 300 Kilogr. oder pr. □′ 60 Pfund für das Eigengewicht und die zulässige Belastung an, so erhalten wir dem entsprechend einen Raum von 5 m (16′) Breite und 11,25 m (36′) Länge.

Hieraus ist zu ersehen, daß die Verwendung der Eisenbahnschienen als Deckenträger eine beschränkte ist, so daß bei größeren Spannweiten schmiedeeiserne Träger weit zweckmäßiger Verwendung finden.

Beispiel. Der Raum in Fig. 502 A sei 6,28 m (20′) breit und 9,4 m (30′) lang, die Belastung betrage 300 Kilogr. pr. □m oder 60 Pfund pr. □′, welche Dimensionen erhalten die schmiedeeisernen Träger, wenn sie an beiden Enden frei aufliegen? Die ganze Belastung ist:

im Metermaß: 9,4 · 6,28 · 300 = cr. 18000 Kilogr.

im rheinländ. Maß: 30 · 20 · 60 = 36000 Pfd. oder 360 Ctr.

Auf die Träger vertheilen sich $\frac{5}{8}$ · 18000 = 11250 Kilogr.

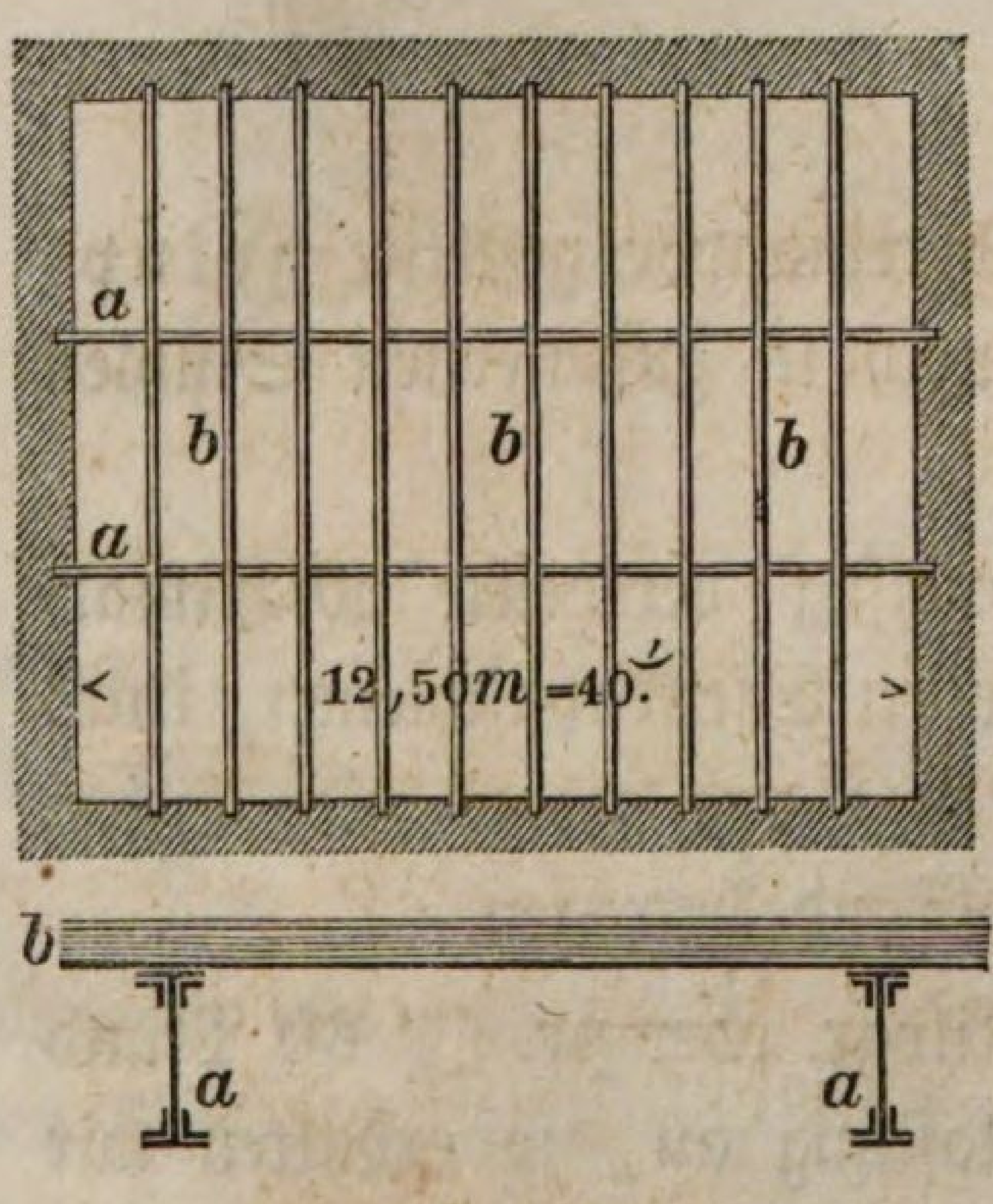
oder $\frac{5}{8}$ · 36000 = 22500 Pfd. = 225 Ctr.

Demnach würden nach Tabelle I, wenn das Eigengewicht des Trägers noch berücksichtigt wird, zwei schmiedeeiserne Träger von 30 cm (11½″) Höhe, 1,9 cm (¾″) Stegstärke und 1,6 cm (⅝″) Flanschenstärke zu legen sein.

Ueber 34 cm (13″) Höhe sind schmiedeeiserne Träger selten vorräthig; auch würden die Herstellungskosten solcher Dimensionen so beträchtlich sein, daß man mit demselben Materiale und den gleichen Kosten Blechträger anfertigen lassen kann.

Die Construction der halbfeuersicheren Decken mit Blechträgern ist der mit schmiedeeisernen T-Trägern gleich. Fig. 503 zeigt eine solche Anordnung im Grundriß und Durchschnitt, die Blechträger sind mit a und die hölzerne Balkenlage mit b bezeichnet.

Fig. 503.



Die Berechnung dieses Trägers ist nach den oben gegebenen Formeln leicht.

Bei bedeutender, freiliegender Länge und Belastung ergiebt die Rechnung sehr große Dimensionen für einen einfachen Blechträger, weshalb man in solchen Fällen zwei Blechträger von entsprechender Höhe neben einander legt und zusammenkuppelt.

Beispiel. Die Balkendecke eines Tanzsaales von 15 m (48′) Breite und 18,8 m (60′) Länge werde in der Mitte von Blechträgern unterstützt. Die Balken sollen auf den Trägern gestoßen werden. Das Eigengewicht mit der zufälligen Belastung der Decke betrage 250 Kilogr.

pr. □^{m} resp. 50 Pfund pr. □'. Welche Dimensionen würden die Träger demnach erhalten müssen?

Der Unterzug wird die Hälfte des Deckengewichtes zu tragen haben, demnach

in Metermaß: $P = \frac{18,8}{2} \cdot 15 \cdot 250 = 36000$ Kilogr.,

in rheinl. Maß: $P = \frac{60}{2} \cdot 48 \cdot 50 = 72000$ Pfund.

Nach der Formel $P = \frac{8\,k\,W}{l}$ wird sein

in Metermaß: $W = \frac{36000 \cdot 1500}{8 \cdot 700} = 9820$,

in rheinl. Maß: $W = \frac{72000 \cdot 48 \cdot 12}{8 \cdot 10000} = 518$.

Vergleichen wir diese Widerstandsmomente mit denjenigen in Tabelle R und S, so finden wir, daß ein Träger außergewöhnliche Dimensionen erhalten müßte. Es wird demnach besser sein, zwei Unterstützungen anzuordnen, und zwar erhält jeder derselben die Hälfte der obigen Widerstandsmomente, also

in Metermaß: $W = \frac{9820}{2} = 4910$,

in rheinl. Maß $W = \frac{518}{2} = 259$.

Die Tabelle R giebt hierfür eine Trägerhöhe von 55^{cm} und die Tabelle S eine solche von 21''.

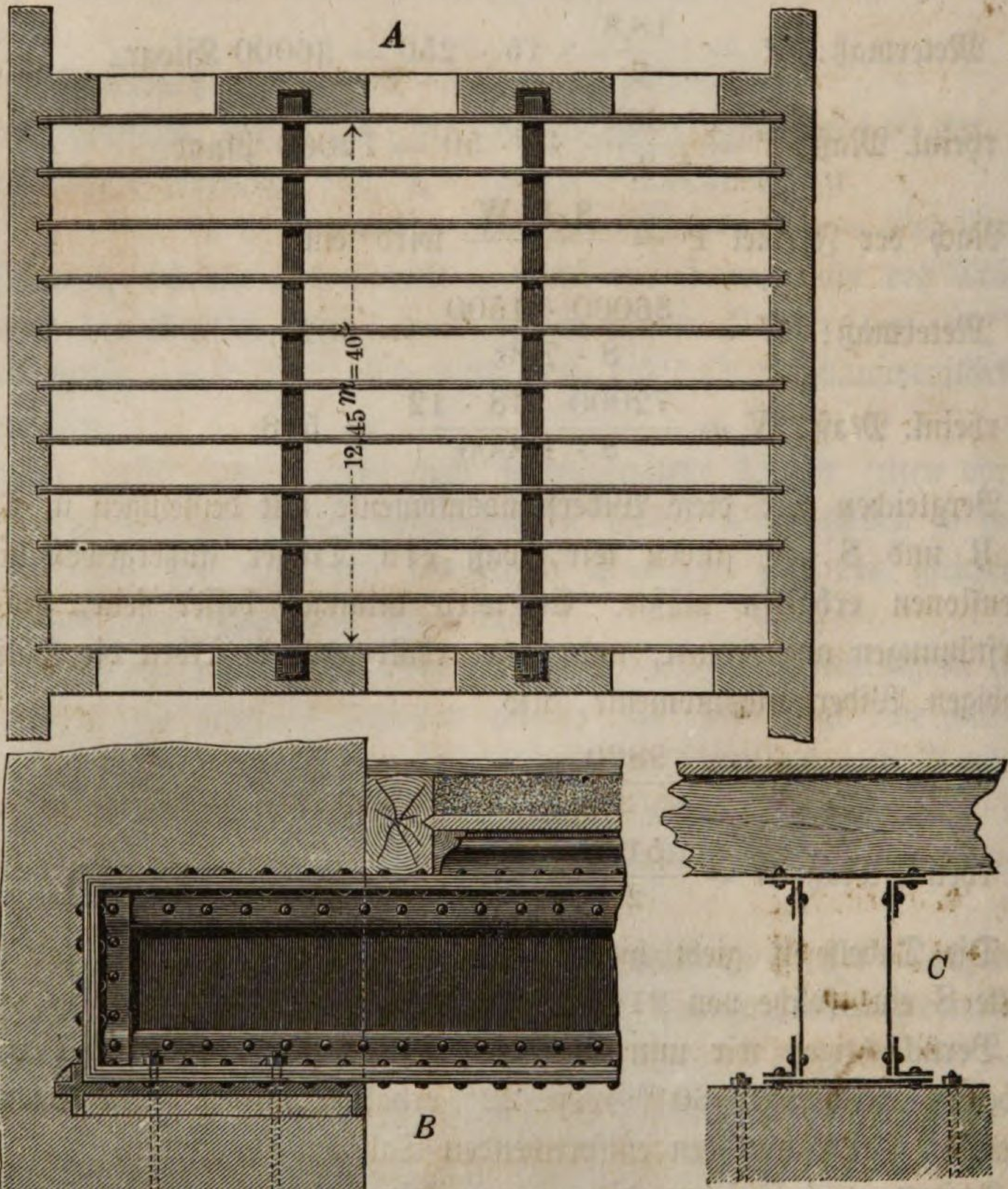
Berücksichtigen wir nun noch das Eigengewicht, so würde jeder der beiden Blechträger 60^{cm} resp. 22'' erhalten müssen. Die übrigen Dimensionen sind aus den entsprechenden Tabellen zu ersehen.

Anstatt zwei Träger, die in gar keiner Beziehung mit einander stehen, zu verwenden, wäre es zweckmäßiger, einen Kastenträger anzuordnen (Fig. 504 A und B). Die Balken liegen direct auf demselben, der hohle Träger ruht wiederum auf breiten Auflageplatten, die die Belastung gleichmäßig vertheilen. Zur größeren Festigkeit empfiehlt es sich dann noch den Träger mit dem Mauerwerk zu verankern. Fig. 504 B zeigt einen solchen Träger in größerem Maßstabe.

In manchen Fällen, z. B. bei sehr hohen Blechträgern, erscheint es zweckmäßiger die Balken nicht auf die oberen Gurtungsplatten,

sondern auf die unteren oder auch zwischen beide zu legen, wobei dann die Oberfläche des Balkens und des Trägers bündig liegen können. Bei letzterer Anordnung werden besondere, an das vertikale Blech und

Fig. 504 A—C.

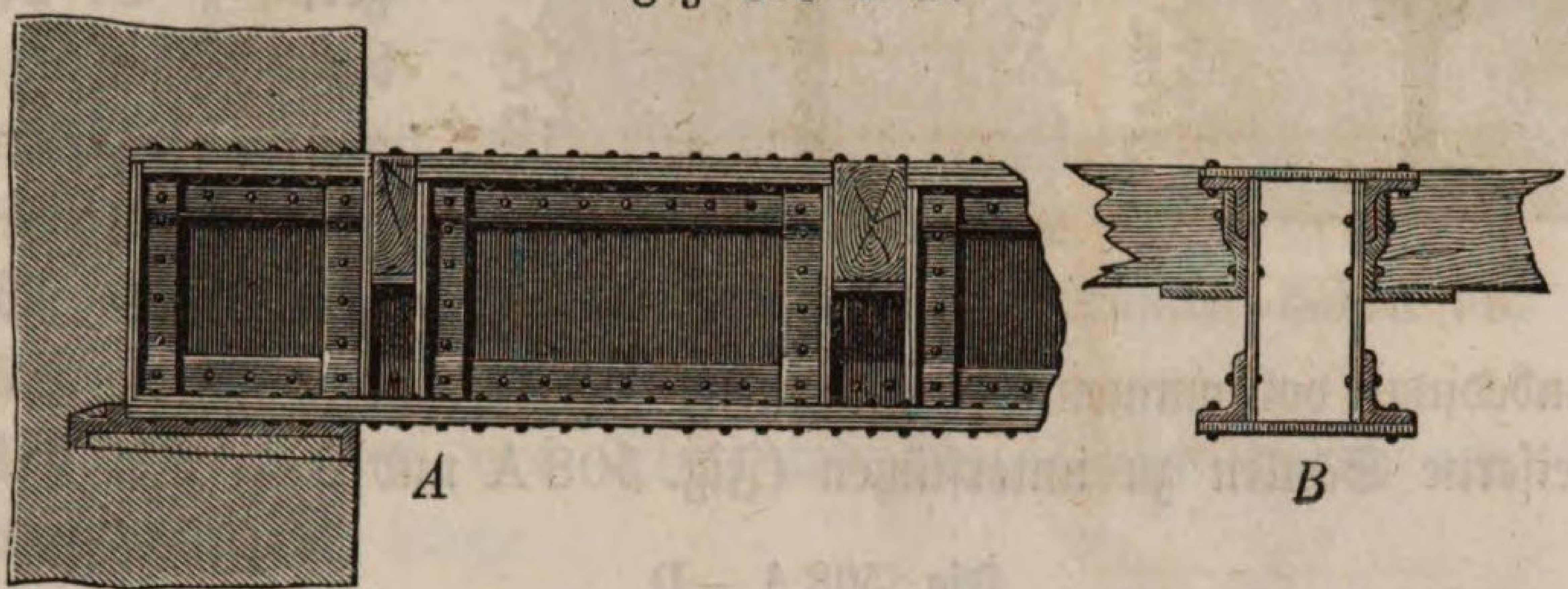


die Versteifungsrippen genietete Auflager nothwendig (Fig. 505 A und B). Diese Versenkung kann besonders dann erwünscht sein, wenn aus decorativen Rücksichten nur ein bestimmtes Maß vortreten soll. Die oben mitgetheilten statischen Formeln bleiben auch in diesen Fällen unverändert.

Um das Betreten der im Parterre-Geschoß eines Hauses befindlichen Kaufläden möglichst zu erleichtern, liegt der Fußboden derselben

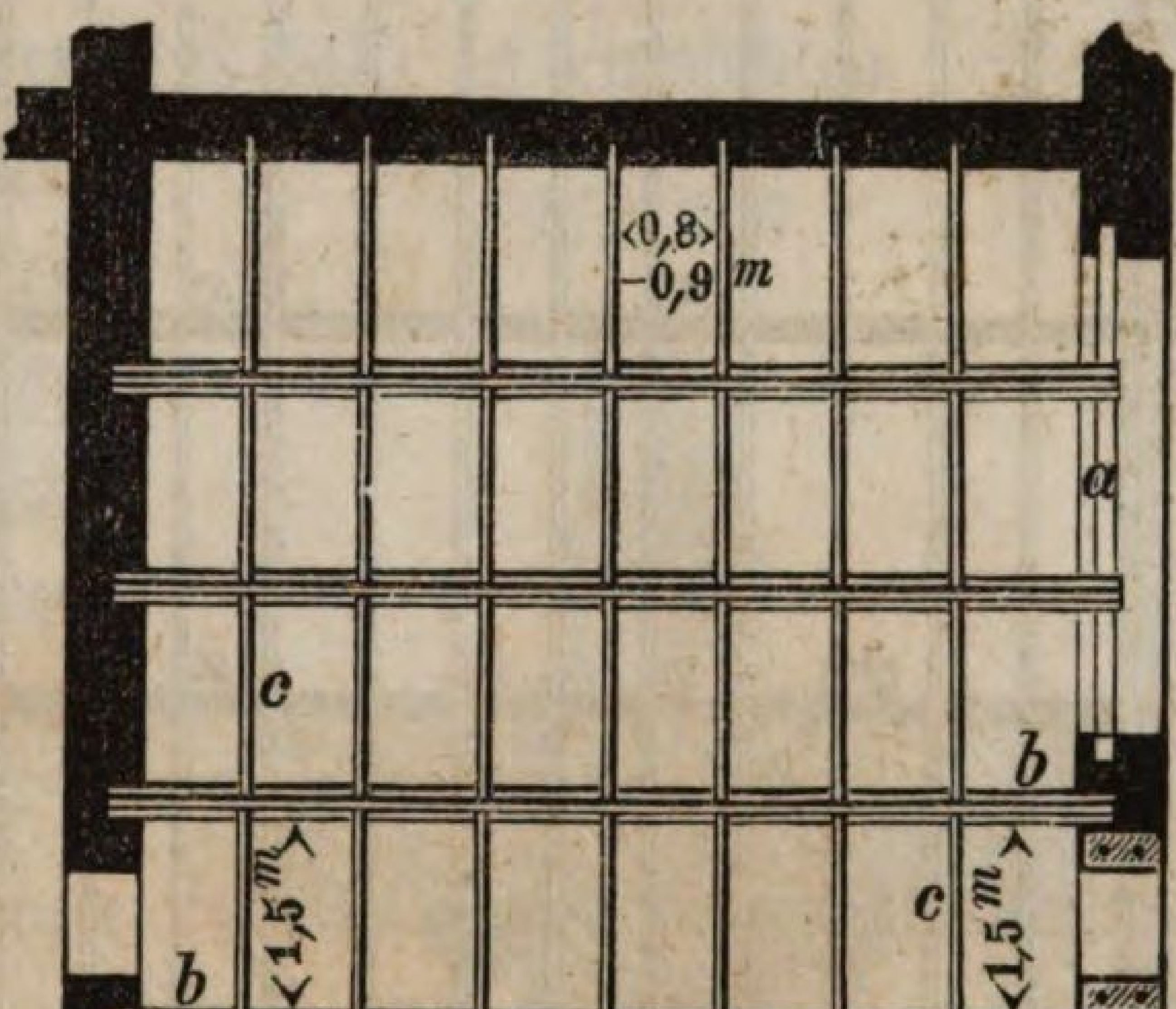
häufig nur 15 cm (6″) über dem Straßenterrain, wodurch die Erhellung des Kellerraumes sehr erschwert wird. Es kommt in solchen Fällen hauptsächlich darauf an, die Construction der Kellerdecke so dünn als irgend zulässig zu machen, damit der Kellerraum eine entsprechende Höhe behalte.

Fig. 505 A B.



Für diesen Fall ist die in Fig. 506 dargestellte Anlage die gebräuchlichste. Es werden über die großen Kelleröffnungen eine oder zwei Eisenbahnschienen a gelegt, welche den darüber liegenden Schienen b als Unterlager dienen. Die letzteren liegen 1,50 m (5′) weit von einander entfernt und befinden sich zwischen ihnen, in einer Entfernung von 0,7 — 0,94 m ($2\frac{1}{2}$ — 3′) Kreuzhölzer c, die nicht auf den Eisenbahnschienen selbst, sondern nur auf dem 4 cm ($1\frac{1}{2}$″) breiten Flansche ruhen (Fig. 507 A). Besser ist es noch, anstatt der Eisenbahnschienen gußeiserne Träger mit breiten Flanschen zu verwenden. Die ganze Construction dieser Art würde incl. Putz, Schaalung und Fußboden nur 20 cm (8″) Höhe erhalten (Fig. 507 B).

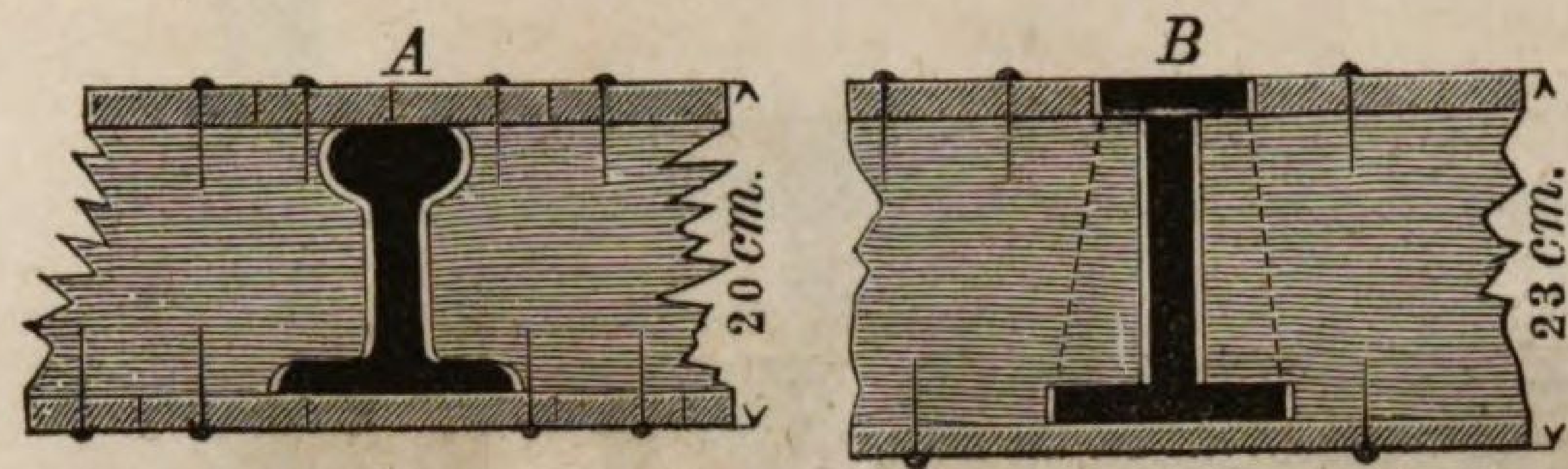
Fig. 506.



Bei den bisher mitgetheilten halbfeuersicheren Decken handelte es sich darum, die hölzernen Balkenlagen so zu unterstützen, daß der zu

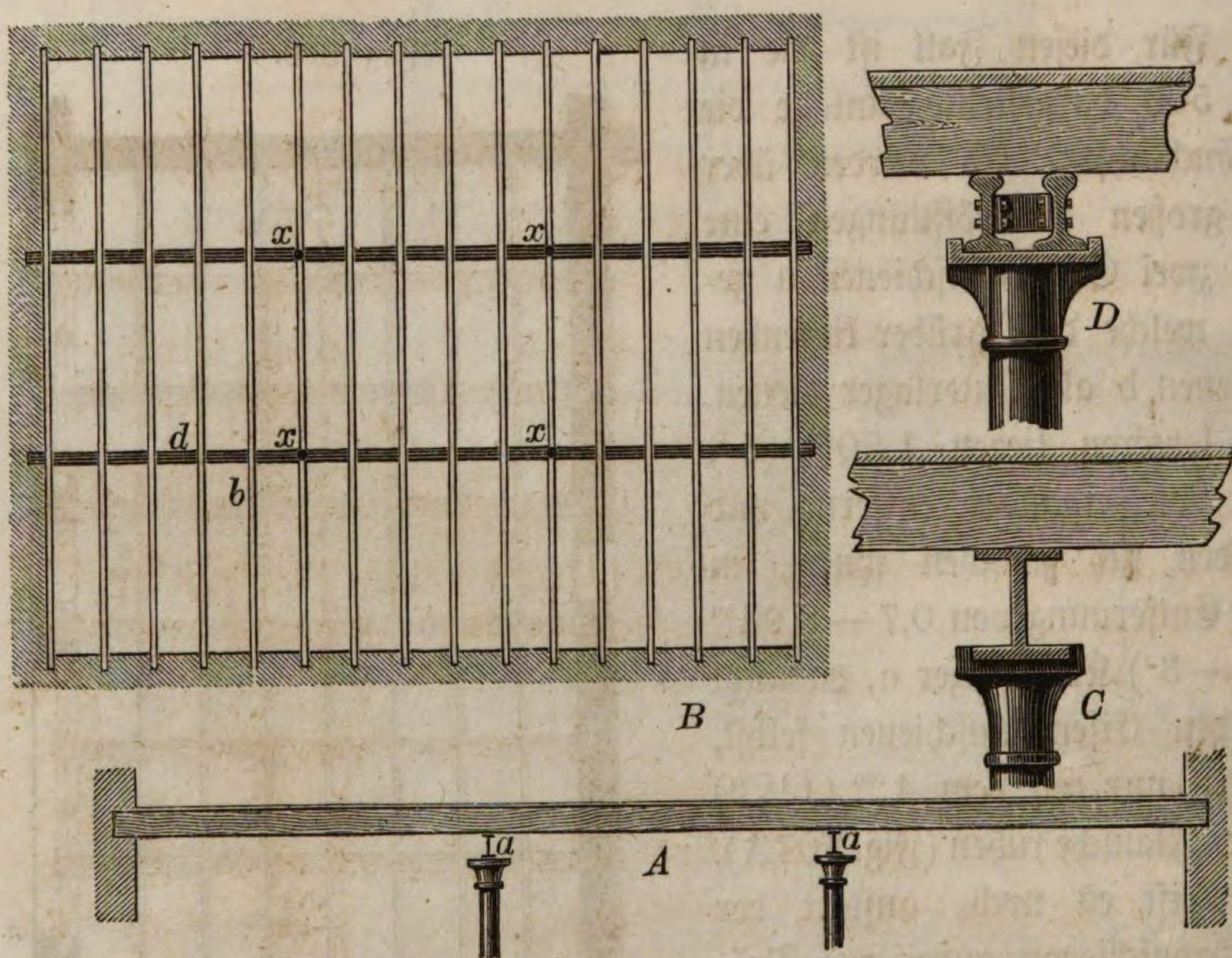
überdeckende Raum ganz frei bleibe. Diese Bedingung vertheuert aber nicht nur, da die Träger größere Dimensionen erhalten müssen, die Deckenconstruction, sondern sie ist auch mit gewissen Trägern, z. B. Eisenbahnschienen, gar nicht ausführbar.

Fig. 507 A B.



Soll also der zu überdeckende Raum nicht unbedingt vollkommen frei erscheinen, so empfiehlt es sich die Träger durch eiserne Säulen zu unterstützen (Fig. 508 A und B). Die Träger

Fig. 508 A — D.



a sind hier zweimal von eisernen Säulen x unterstützt und die Balken b in der bekannten Weise über die Träger gelegt (Fig. 508 A). Letztere können entweder aus Guß- oder Schmiedeeisen, einfach oder doppelt T-förmig gestaltet sein.

In Fig. 508 C und D sind gußeiserne Träger mit doppelten und gekuppelten Eisenbahnschienen angenommen. Der Säulenkopf wird ober-

halb quadratisch gestaltet und mit Rändern versehen, damit jedes seitliche Verschieben verhindert wird.

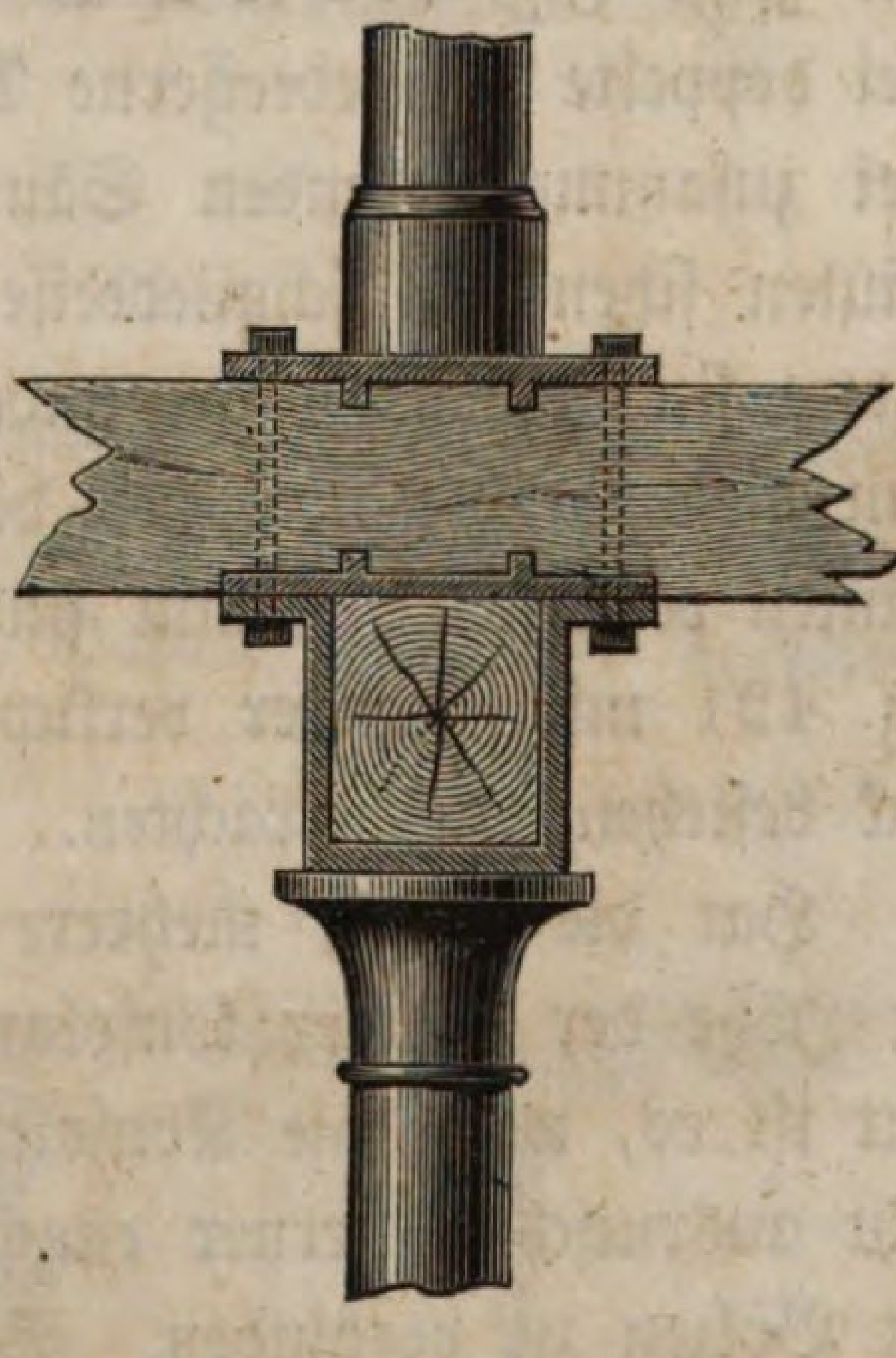
Beträchtlich größere Schwierigkeiten entstehen, wenn die senkrechten Unterstützungen (Säulen) mehrere Etagen zur Höhe erhalten. Hierbei müssen, unter allen Umständen, die Säulen genau senkrecht über einander stehen, damit der Druck nicht seitlich wirke und ein Zerknicken der Säule erfolge.

Die Constructionen dieser Art können verschiedenartig sein und hat man demnach zu unterscheiden:

1. Die Träger bestehen aus Holz und die Säulen haben nur die Länge von je einer Etage.
2. Die Träger sind aus Eisen und die Säulen haben nur die Etagenhöhe zur Länge.
3. Die Träger sind entweder aus Holz oder Eisen und die Säulen haben die Länge mehrerer Etagenhöhen.

Am wenigsten wäre die Anordnung Fig. 509 zu empfehlen.

Fig. 509.



Hierbei befindet sich eine angegossene Hülse an dem Säulenkopf, in welche der hölzerne Träger gerade hineinpaßt. Auf diese Hülse wird eine gußeiserne Platte und hierauf der Etagenbalken gelegt, schließlich kommt auf den letzteren die Säule mit einem breiten Fuße zu stehen. Die Platten haben einige Rippen, welche etwas in das Holz eingreifen. Die Säulenplatte wird mit dem Flansche und der Hülse ordentlich verbolzt.

Wie leicht zu ersehen, wird die Säule, je nachdem das Holz schwindet, stets in Bewegung bleiben, wodurch die Construction unzuläßig bleibt.

Solider erscheint daher die Construction Fig. 510 A B. Hierbei ruht die Säule mit ihrem breiten Fuße direct auf der Hülse, der Etagenbalken liegt neben der Säule.

In Fig. 511 sieht die Verbindung der Säule besser aus, wobei die untere Säule einen Rand hat, welcher die ringförmige Console unterstützt und das Auflager für den Träger bildet. Der Ansatz b

an der unteren Säule nimmt die obere Säule auf. Diese Verbindung ist aber nur bei kleineren Spannweiten und geringerer Belastung zu empfehlen.

Fig. 510 A B.

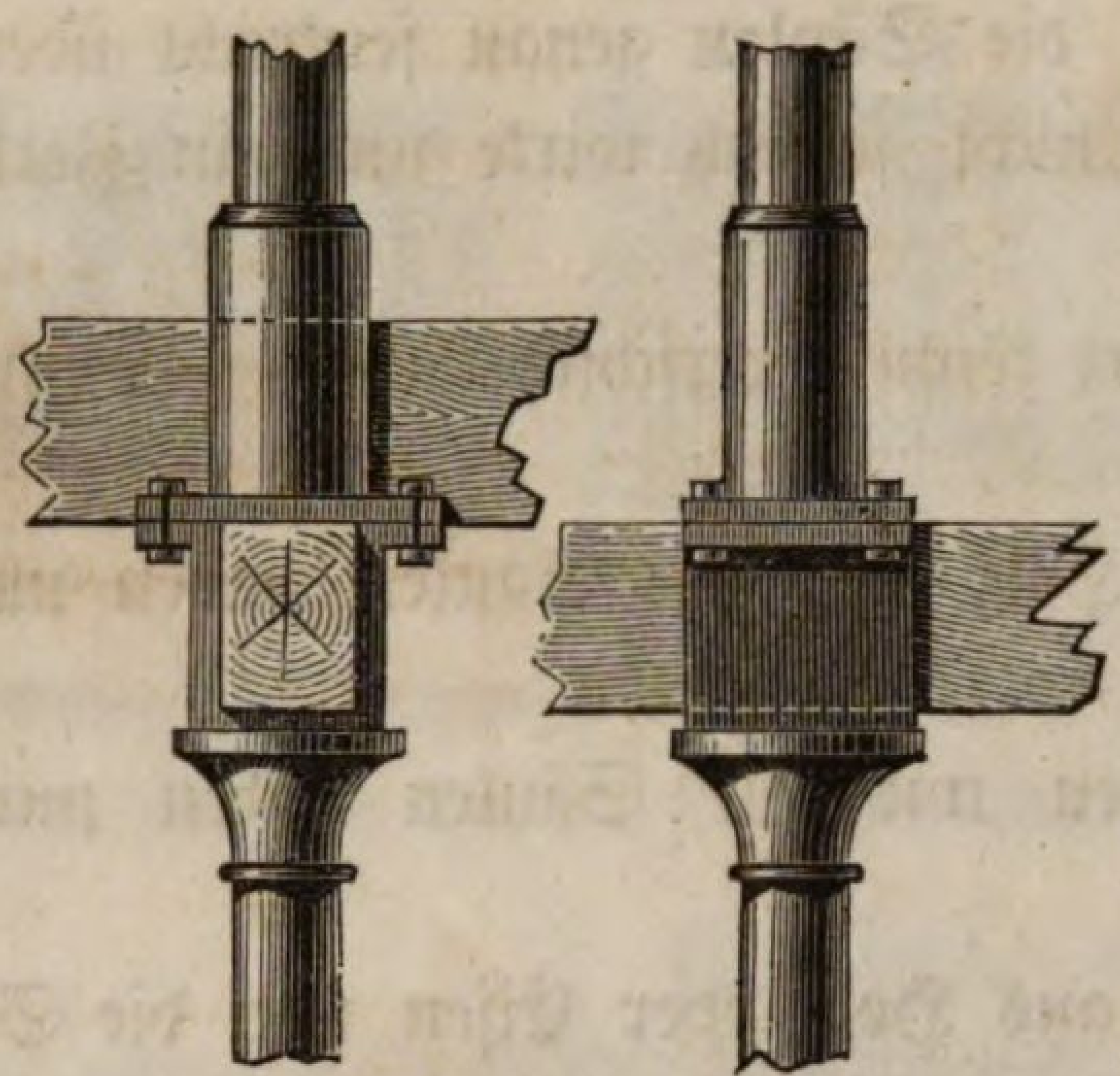


Fig. 511.

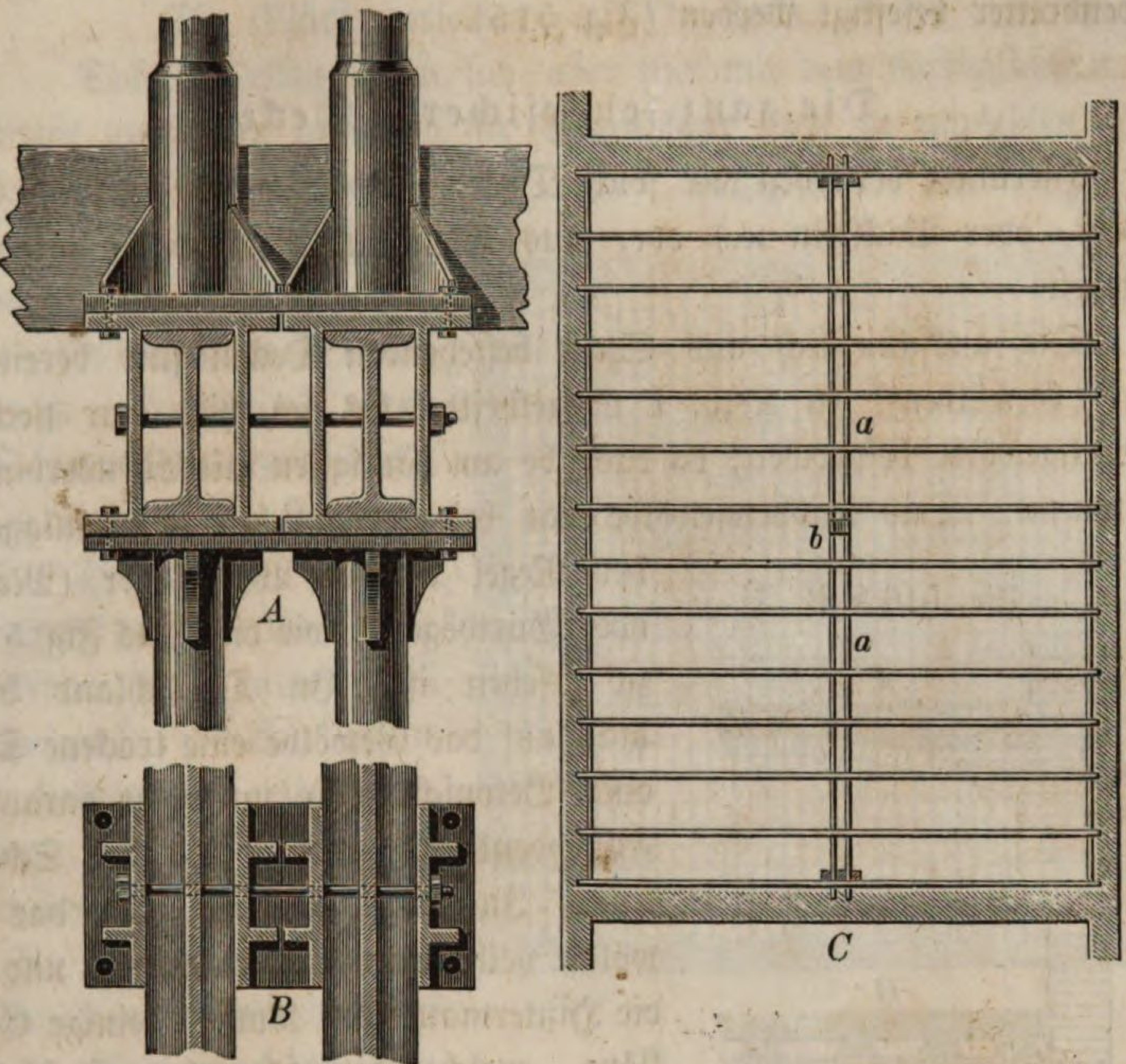


Bedeutend besser lassen sich die übereinander stehenden Säulen verbinden, wenn die Träger aus Eisen bestehen. Eine derartige Construction zeigt Fig. 512 A B C. Im Grundriß A ist angenommen, daß zwei doppelte schmiedeeiserne T=Träger a, neben einander liegend, von zwei zusammenstehenden Säulen b Unterstützung erhalten. Ueber den Säulen sitzen die schmiedeeisernen Träger in gußeisernen Stühlen fest, letztere sind durch Bolzen unverschiebbar mit einander verbunden. Man kann diese Stühle noch mit den breiten Platten der unteren und oberen Säulen verbolzen. Dann sind die Säulen, welche außerdem noch nach Fig. 421 mit einander verkuppelt werden können, als aus einem Gußstück bestehend zu betrachten.

Hat die Säule mehrere Etagenhöhen zur Länge, so muß sie in der Höhe der Träger konsolartige Ansätze erhalten (Fig. 513 A und B). Gut ist es, wenn die Konsolen einen Rand erhalten, damit die Träger nicht ausrutschen, ferner empfiehlt es sich, die Träger, nach Fig. 512 A, mit Bolzen zu verbinden. Bei solchen hohlen Säulen ist eine einseitige Belastung der Träger möglichst zu vermeiden, läßt sich dies aber nicht umgehen, so empfiehlt es sich die Träger zu jeder Seite der Stütze anzuordnen. Anstatt, wie in Fig. 513, die Träger aus Schmiedeeisen herzustellen, können diese sowohl aus Gußeisen wie aus Holz bestehen.

Schließlich wollen wir noch die Befestigung der hölzernen Fußböden mit den eisernen Balken mittheilen. Bei dem doppelt T=förmigen

Fig. 512 A — C.



Balken bietet dieselbe keine erhebliche Schwierigkeit, es wird hierbei der Fußboden direct auf den oberen Flansch mit Holzschrauben befestigt (Fig. 514). Bei dem einfach T-förmigen Balken muß ein Winkel-

Fig. 513 A B.

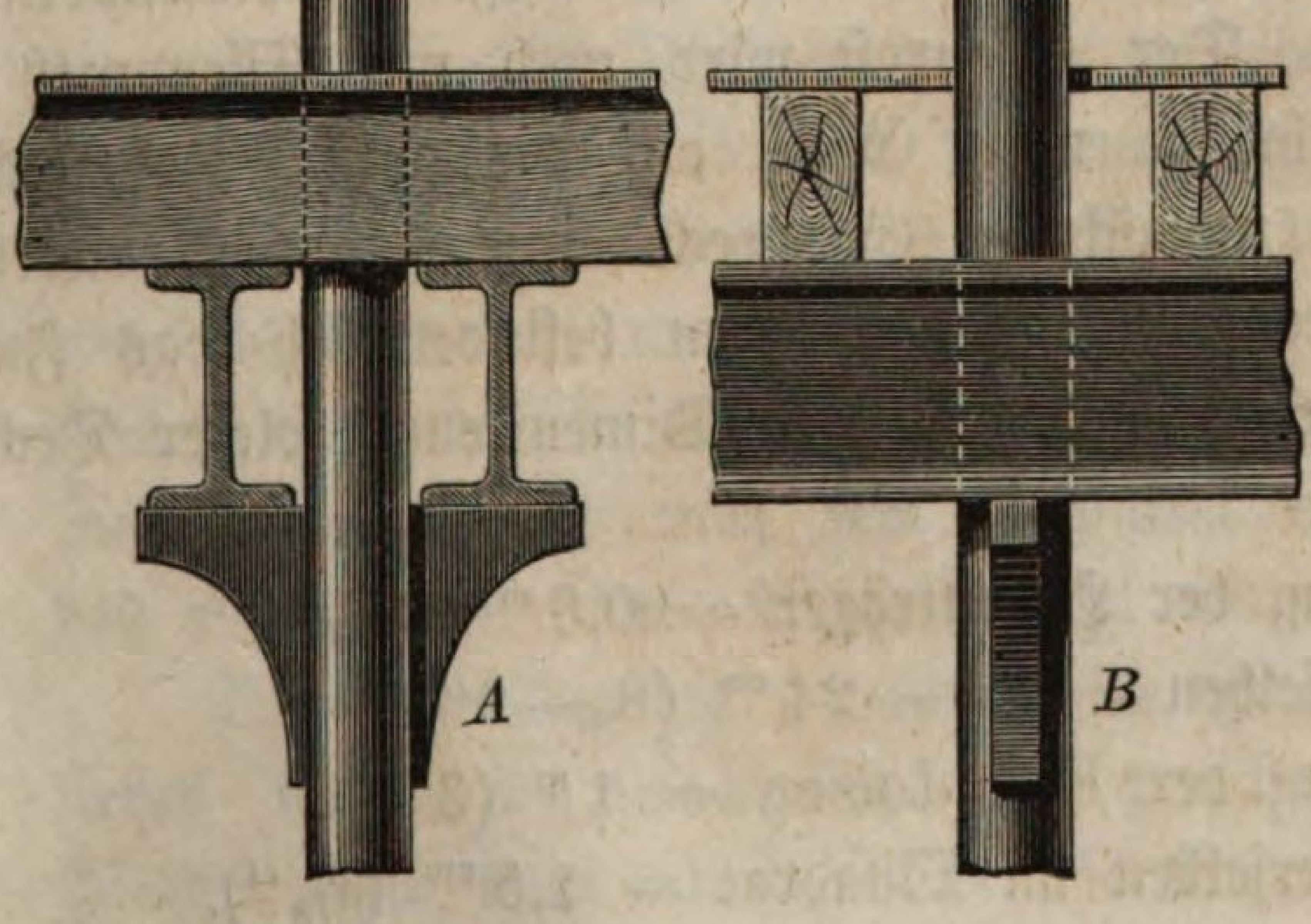
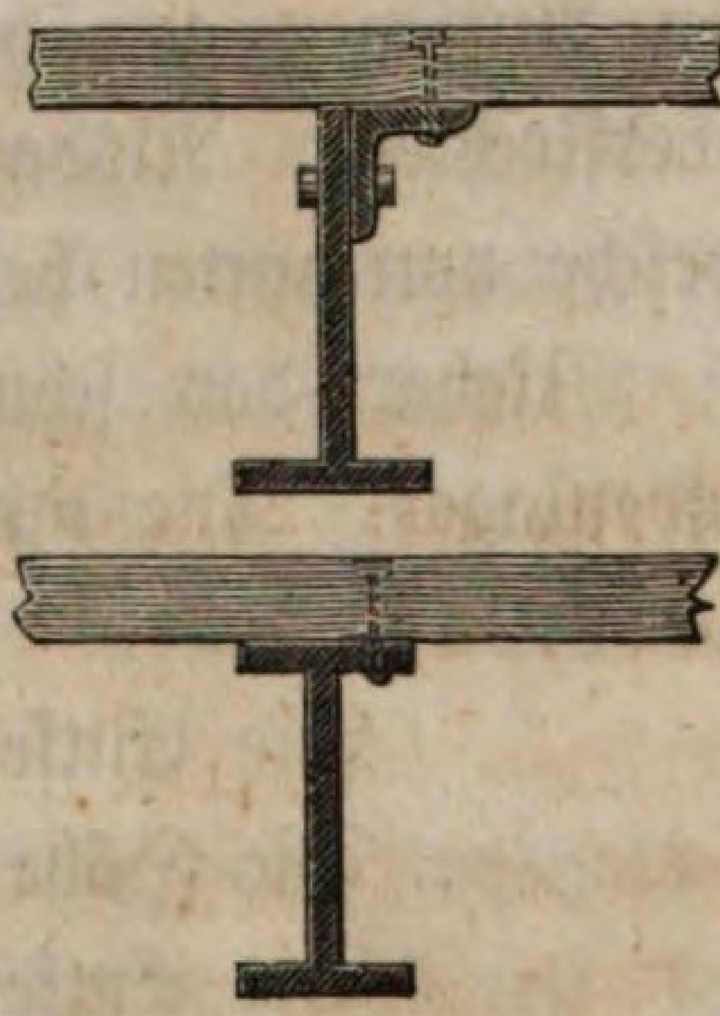


Fig. 514 u. 515.



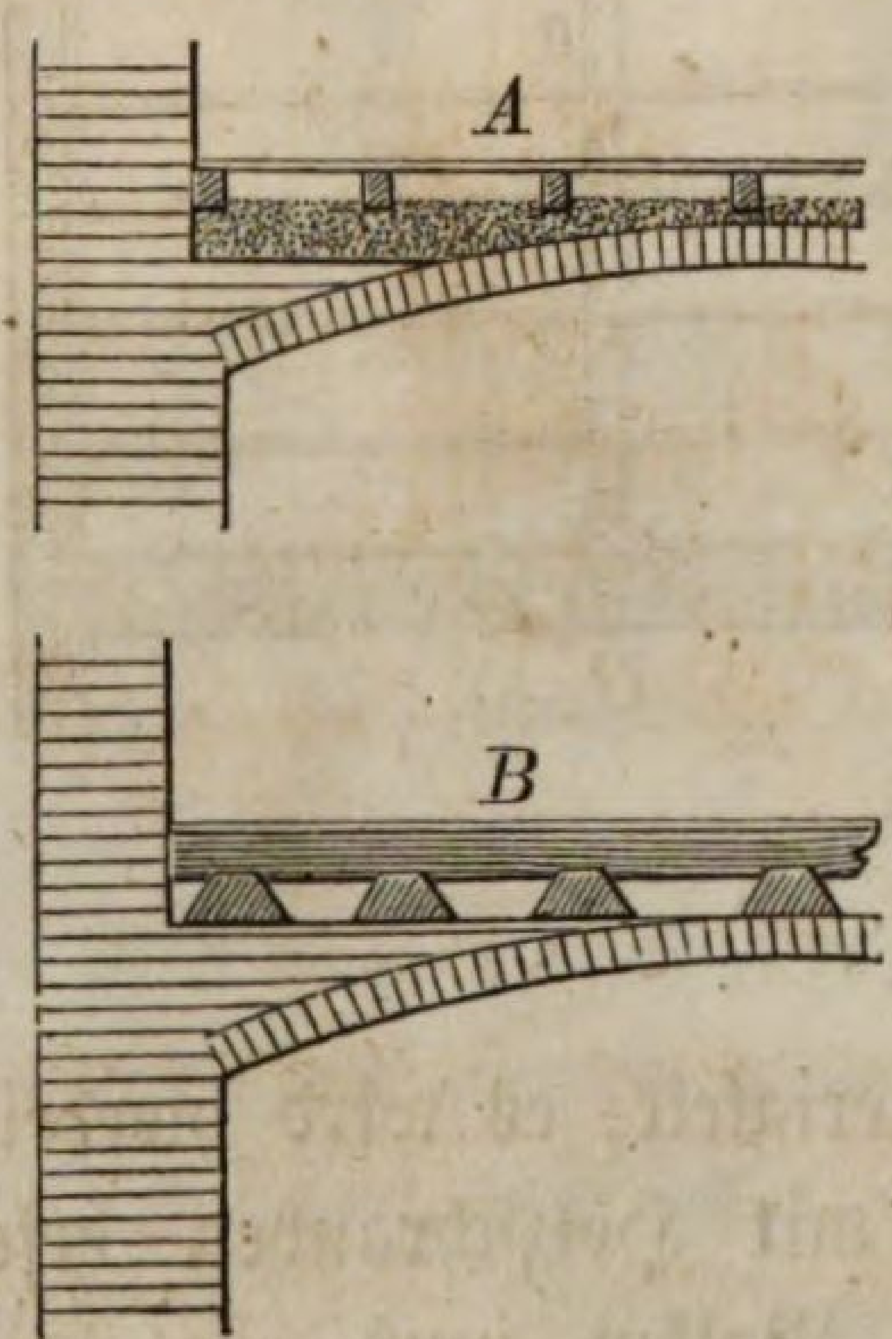
eisen am oberen Ende des Steges angeschraubt und hierauf die Fußbodenbretter befestigt werden (Fig. 515).

Die ganz feuersicheren Decken.

Hierunter verstehen wir solche Decken, die entweder ganz aus Stein (Werk- oder Backstein 2c.) oder aus Stein in Verbindung mit Eisen bestehen.

Die ausschließlich aus Stein bestehenden Decken sind bereits bei den „Gewölben" in Abth. I mitgetheilt. Es sei hier nur noch ein Kappengewölbe besprochen, da dasselbe am häufigsten mit Eisenverbindung vorkommt. Das Kappengewölbe hat bei gewöhnlichen Kelleranlagen in der Regel massive Widerlager (Mauer- oder Gurtbögen), wie dies aus Fig. 516 A zu ersehen ist. In Deutschland bringt man auf das Gewölbe eine trockene Sand- oder Betonschüttung und legt darauf die Fußbodenlager parallel mit der Scheitellinie. In Paris hingegen wird das Gewölbe vollständig hintermauert, und auf die Hintermauerung kommen einige Gypsklötze, welche die schwachen Fußboden-Lagerhölzer tragen.

Fig. 516 A B.



Man stellt in Paris die feuerfesten Decken ausschließlich aus Gyps und Eisen her. Hierbei findet man zunächst die eisernen Hauptträger a (Fig. 517 A u. B), über diesen hängen die Langstäbe (entretoises) b, welche wiederum den querliegenden Roststäben c ein Auflager gewähren. Der Eisenrost wird noch mit Eisendrath d überflochten. Alsdann bringt man Gyps auf die ganze Rohrfläche, welche von unten beputzt zugleich die Gypsdecke eines Zimmers bildet.

Ueber den schmiedeeisernen Hauptträgern befindet sich das Fußbodenlager. Die am meisten gebräuchlichen Dimensionen solcher Decken sind:

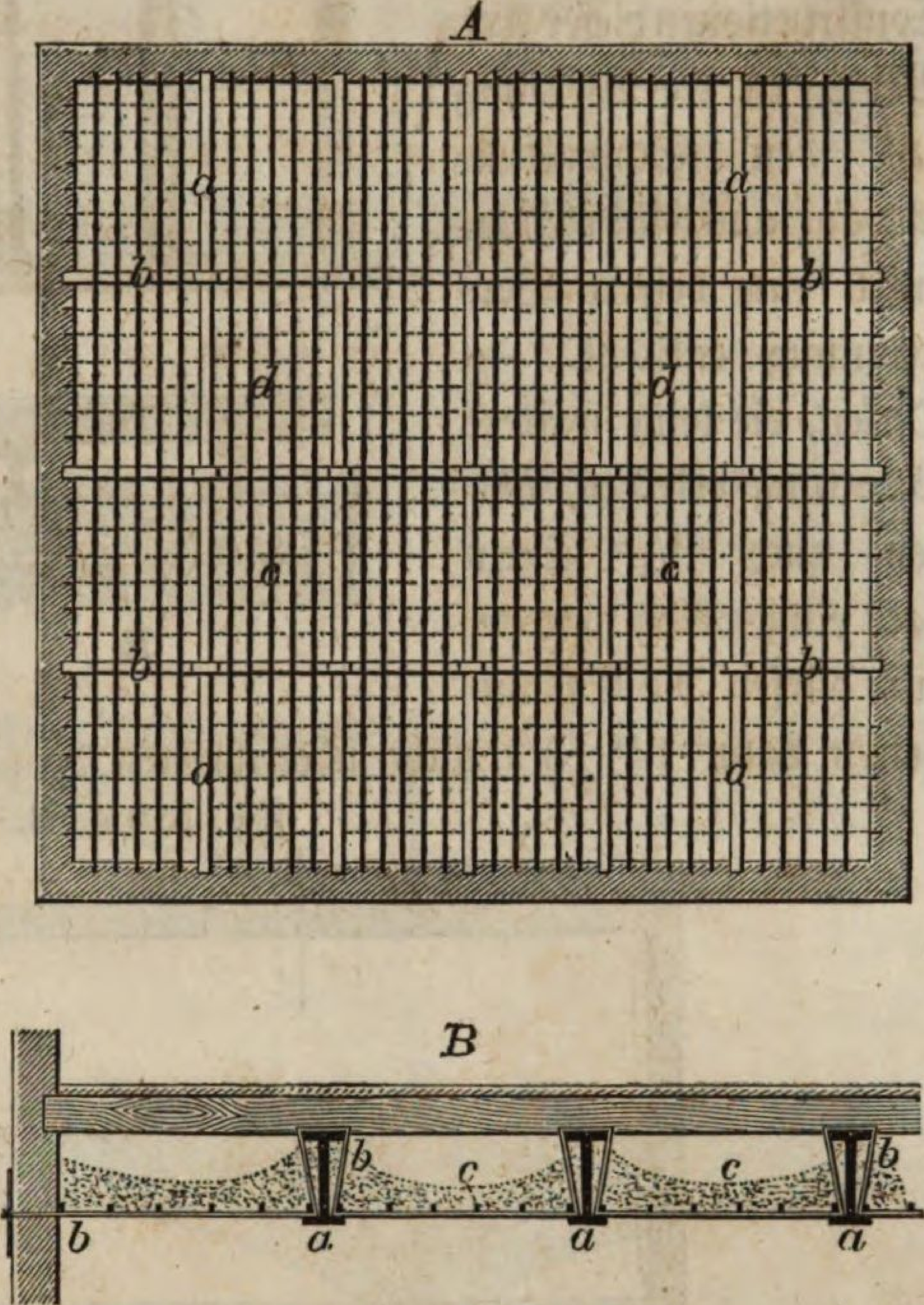
Die Entfernung der Hauptträger = 0,8 ^{m} ($2^1/_2$ ').
Die Höhe derselben = 21 — 24 ^{cm} (8 — 9").
Die Entfernung der Entretoisen = 1 ^{m} (3 ').
Die Stärke derselben im Quadrat = 1,5 ^{cm} ($^5/_8$").

Die Entfernung der Roststäbe = $13-15^{cm}$ ($5-6''$).

Die Stärke derselben = 1^{cm} ($^3/_8{}''$).

Solche Decken lassen sich aber nur mit dem vorzüglichsten pariser Gypse ausführen und sind für Deutschland nicht zu empfehlen. Außerdem sind sie nur wenig feuersicherer als die Holzdecken.

Fig. 517 A B.



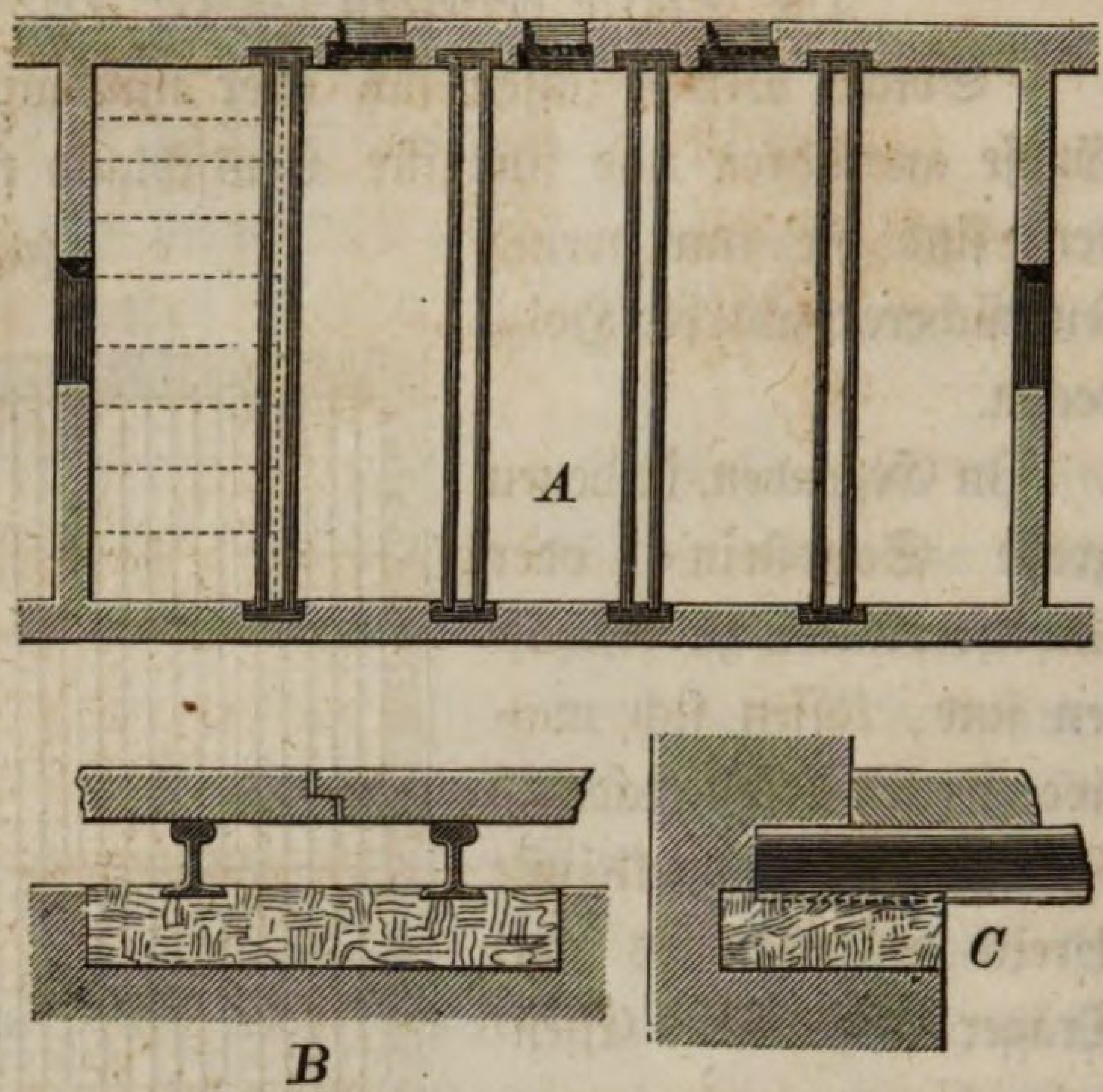
In Gegenden, in denen große Sandstein- oder Schieferplatten zu beschaffen sind, lassen sich massive Decken leicht dadurch bilden, daß über die kleinste Breite des Raumes zwei Träger, z. B. Eisenbahnschienen, gelegt werden (Fig. 518 A), auf denen die Platten ruhen (Fig. 518 B). Damit die Belastung gleichmäßig auf das Mauerwerk vertheilt werde, können die Träger auf einem größeren Sandsteinstücke lagern (Figur 518 C).

In der Regel pflegt man feuersichere Decken durch Gewölbe, welche eiserne Widerlager erhalten, zu bilden.

Die einfachste Decke dieser Art entsteht, wenn man scheitrechte Gewölbe zwischen T-förmige Schienen spannt (Fig. 519 A B). Die Träger dürfen in diesem Falle höchstens 1^{m} weit aus einander liegen, und die Wölbung muß auf vollständiger Einschaalung mittels Hohlsteinen im besten Cement geschehen. Auf den Trägern befinden sich die Fußbodenlager und muß sehr sorgfältig darauf geachtet werden, daß das Gewölbe in keiner Weise belastet wird.

Diese Construction gewährt keine große Sicherheit, weshalb man lieber flache Kappengewölbe zwischen Eisenbahnschienen spannt. Hierbei achte man darauf, daß die Kappen keine größere Spannweite

Fig. 518 A — C.



als 1,6^{m} (5′) erhalten und daß die Kappenstärke nicht über $^{1}/_{2}$ Stein betrage. Figur 520 A bis F geben verschiedene Constructionen dieser Art. Bei A ist die Wölbung auf den Schwalbenschwanz ausgeführt, wodurch eine bessere Verspannung entsteht. — Decken, die keine weitere Belastung erleiden, können auch $^{1}/_{4}$ Stein flach eingewölbt werden, nur dürfen die Spannweiten dann 1^{m} (3′) nicht überschreiten.

Fig. 519 A B.

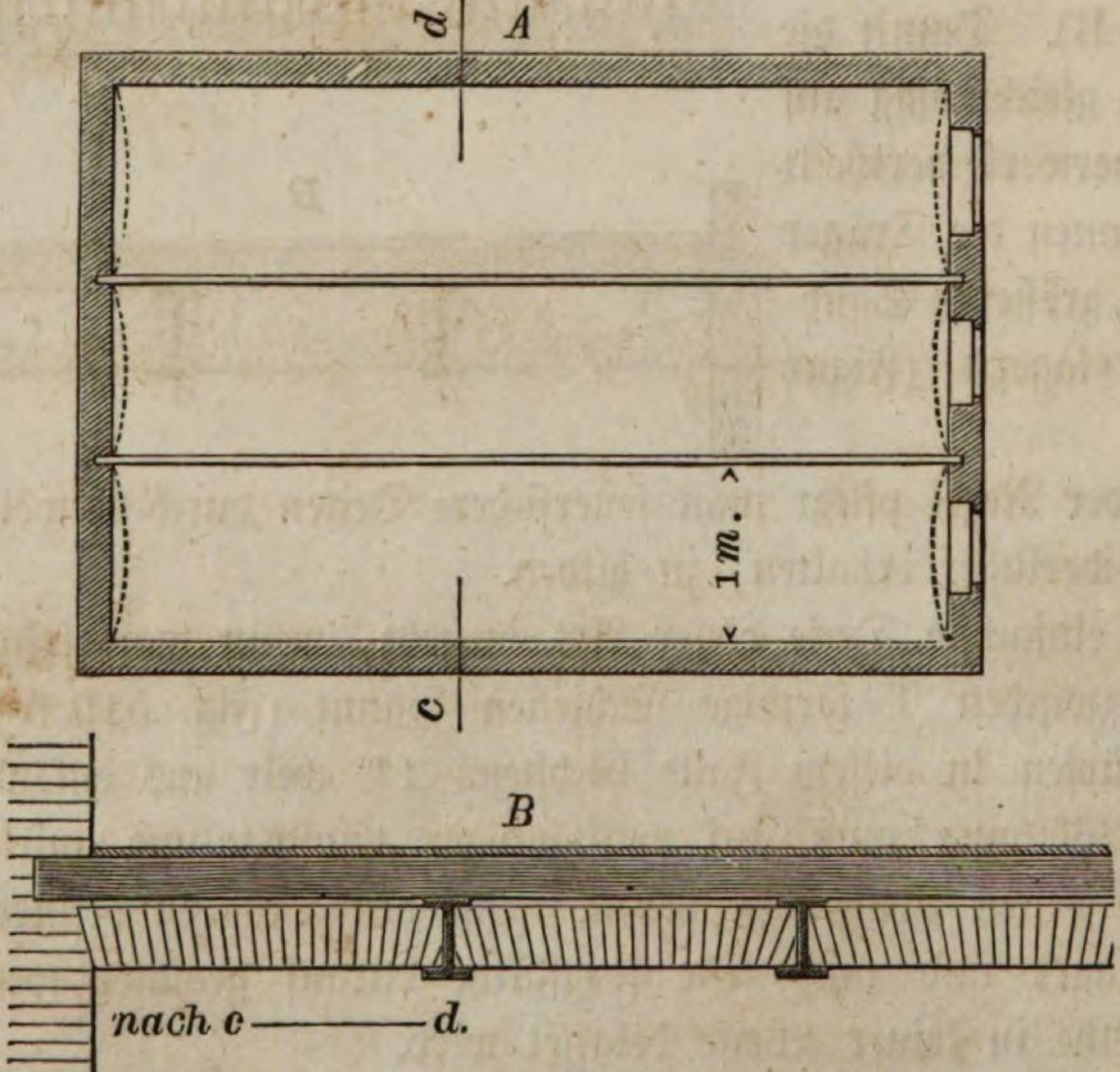
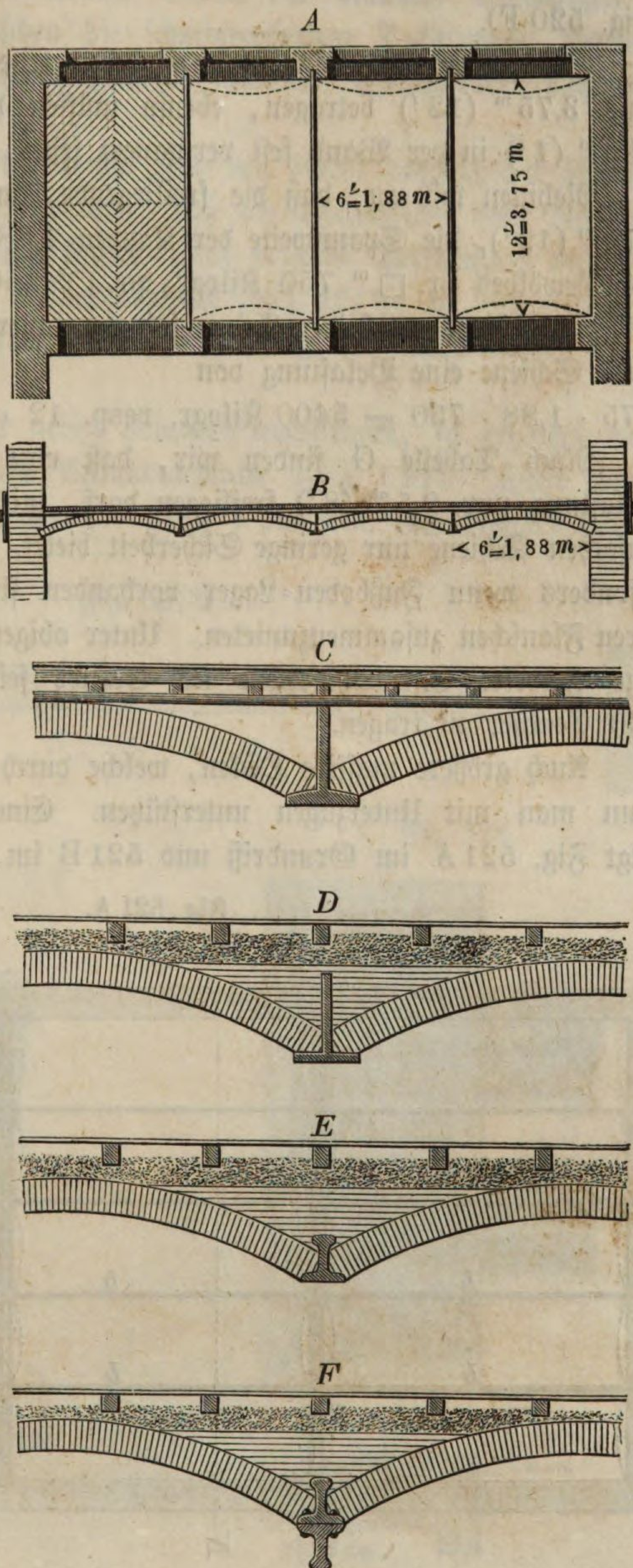


Fig. 520 B zeigt den Durchschnitt einer Gewölbeanlage, aus der zu ersehen ist, daß die Kappen einen bedeutenden Seitenschub ausüben, weshalb eine kräftige Verankerung mit Zugstangen erforderlich wird.

Für das Auflager der Kappen kann jeder eiserne Träger Verwendung finden, am besten eignet sich dazu der einfache T-förmige Balken. Die Anwendung des gußeisernen Balkens zeigt Figur 520 C. Hierbei ist der Steg so hoch gemacht, daß die Fußboden-Lager noch auf ihnen liegen können, was jedoch nur bei geringer Spannweite und Pfeilhöhe der Kappe möglich ist.

Fig. 520 A—F.



Die Kappe pflegt man auch, wie Figur 520 D zeigt, zu hintermauern. In dieser wie in den beiden folgenden Figuren liegt eine Sand- oder Lehmschüttung auf dem Gewölbe und haben die Fußboden-Lager eine parallele Richtung zur Kappenaxe.

Fig. 520 E zeigt die Anwendung der Eisenbahnschienen bei den Kappengewölben. Falls die Länge der Kappe groß und das Gewicht bedeutend ist,

müssen zwei Schienen mit ihren Flanschen zusammen genietet werden (Fig. 520 F).

Die freiliegende Länge der einfachen Eisenbahnschienen darf höchstens 3,75 m (12′) betragen, ebenso müssen die Schienen mindestens 0,30 m (1′) in der Wand fest vermauert sein.

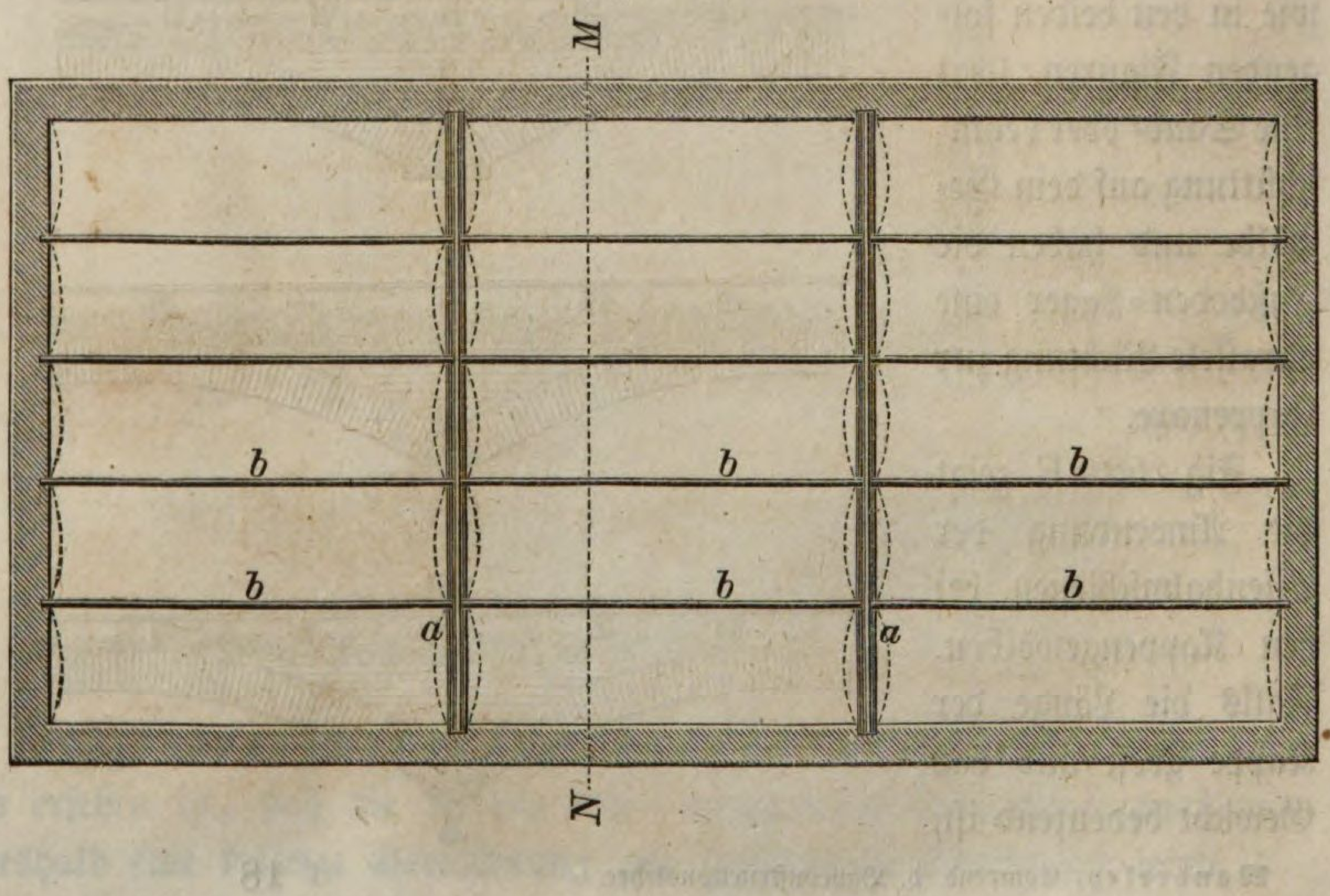
Nehmen wir an, daß die freiliegende Länge der Eisenbahnschienen 3,75 m (12′), die Spannweite der Kappen 1,88 m (6′) und das Gewicht des Gewölbes pr. □ m 750 Kilogr., pr. □′ 150 Pfund betrage, ferner daß die Schiene an beiden Enden fest vermauert sei, so haben wir auf einer Schiene eine Belastung von

3,75 · 1,88 · 750 = 5400 Kilogr. resp. 12 · 6 · 150 = 10800 Pfd.

Nach Tabelle G finden wir, daß eine Schiene bei derartiger Belastung nur 2,5 m (8′) freiliegen darf, mithin die Verwendung der einfachen Schiene nur geringe Sicherheit bietet. Es wäre also rathsam, besonders wenn Fußboden-Lager vorhanden sind, zwei Schienen mit ihren Flanschen zusammenzunieten. Unter obigen Voraussetzungen würde eine doppelte Eisenbahnschiene im Stande sein, 13000 Kilogr. oder 260 Centner zu tragen.

Auch größere massive Decken, welche durch Kappen gebildet werden, kann man mit Unterzügen unterstützen. Eine derartige Construction zeigt Fig. 521 A im Grundriß und 521 B im Durchschnitt nach M N.

Fig. 521 A.



Es sind hierbei über die kleinste Breite des Raumes Blechträger a gelegt, auf deren Flanschen die schmiedeeisernen T-förmigen Balken, zwischen denen sich die Kappengewölbe spannen, hinreichendes Auflager finden.

Die einzelnen Constructionen sind den bisher angeführten ähnlich, nur muß darauf geachtet werden, daß die Blechträger recht fest und gleichmäßig auf der Mauer liegen. Zur besseren Vertheilung der Belastung ordnet man eine Aufnahmeplatte (Fig. 521 C) an und verankert die Trägerenden unter sich. Die Verbindung der Ankerstangen zeigt Fig. 521 D.

Werden zwei Träger neben einander angeordnet, so erhalten dieselben eine gemeinschaftliche Aufnahmeplatte (Fig. 522). Diese kann 21—26^{cm} (8—10″) breit, 4^{cm} (1½″) dick sein, ihre Ränder stehen 4^{cm} (1½″) vor.

Fig. 521 B.

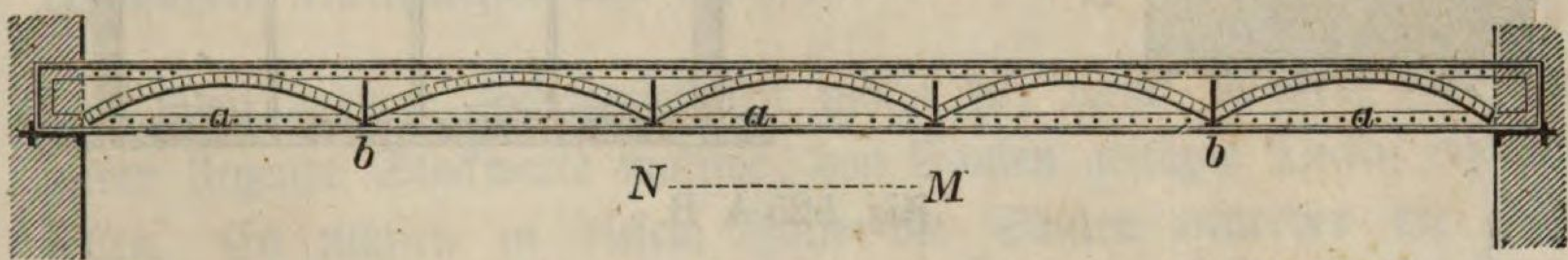


Fig. 521 C.

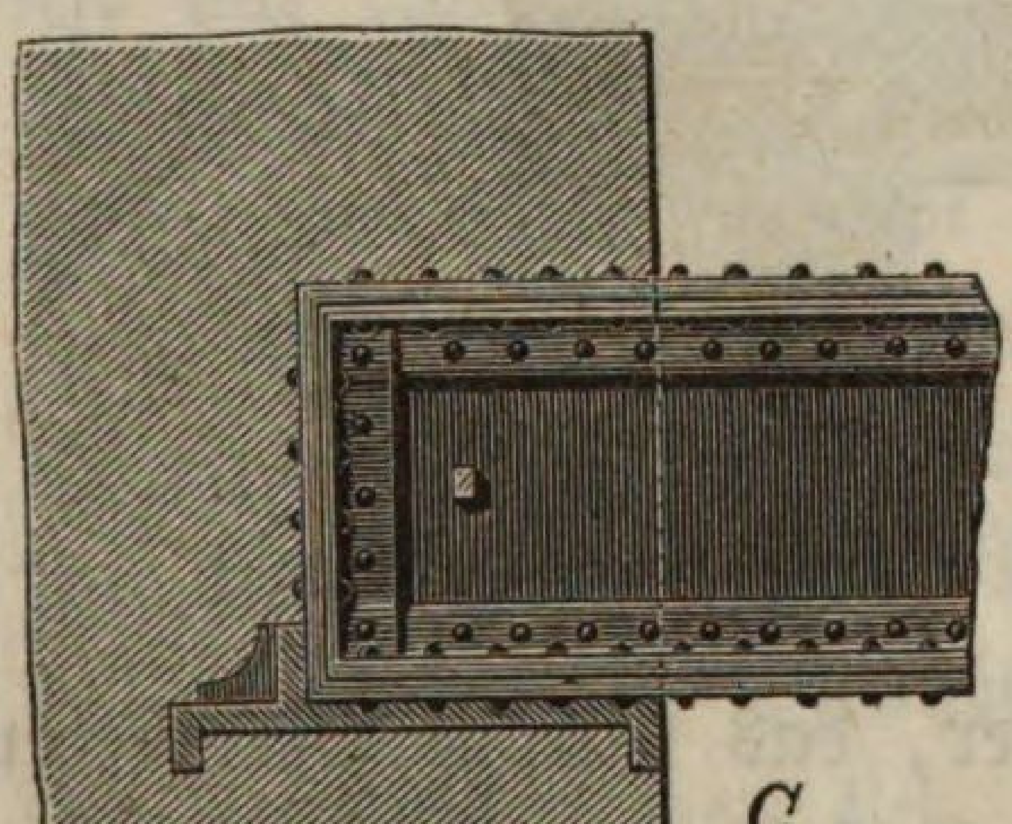


Fig. 522.

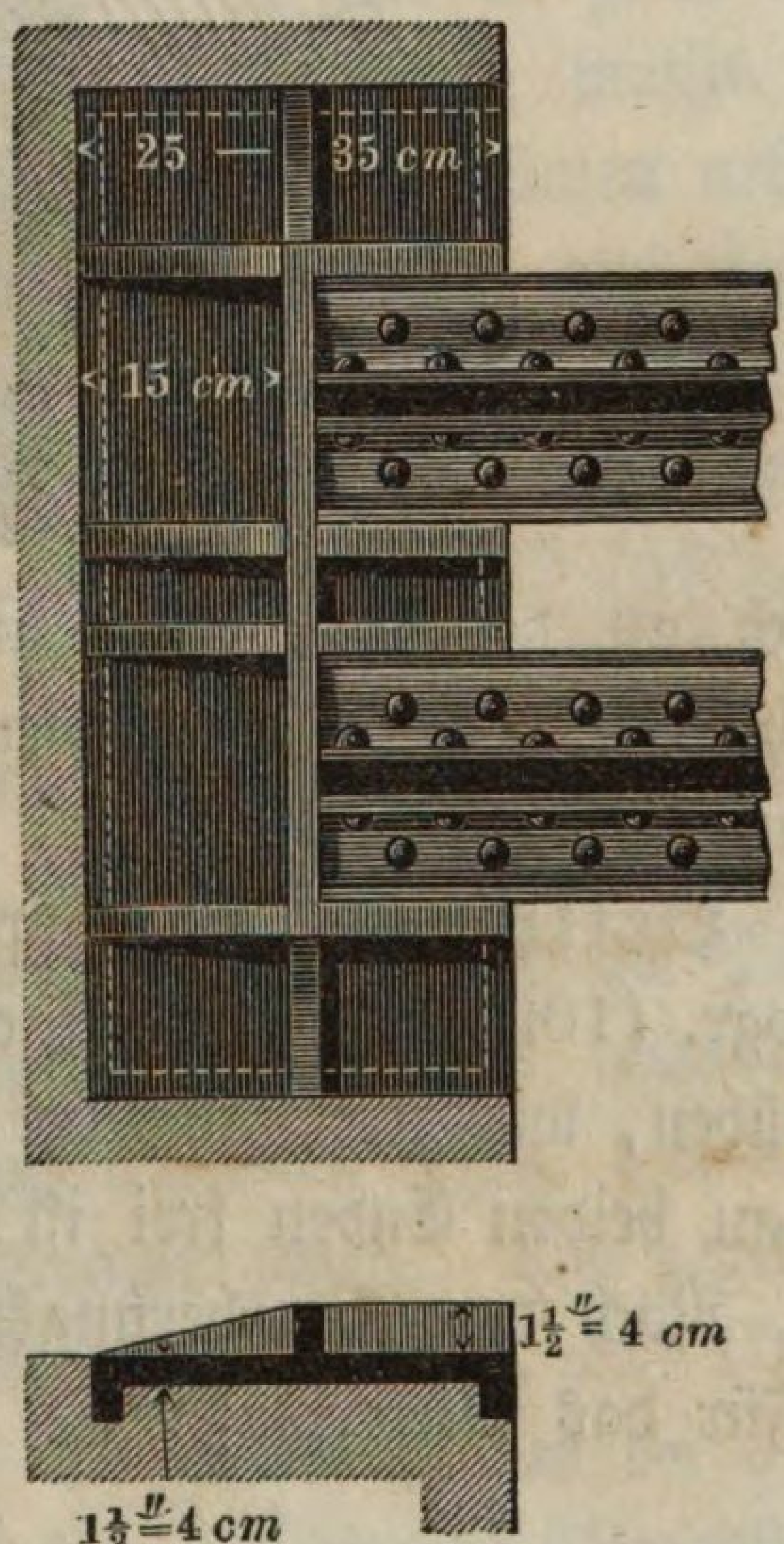


Fig. 521 D.



An Stelle der doppelten Eisenbahnschienen kann man auch, bei größerer Belastung und freiliegender Länge, einfache Schienen mit Säulenunterstützung wählen. Hierbei liegt der T-förmige Träger oder die Eisenbahnschiene direct auf der Säule (Fig. 525 A) und wird,

Fig. 523.

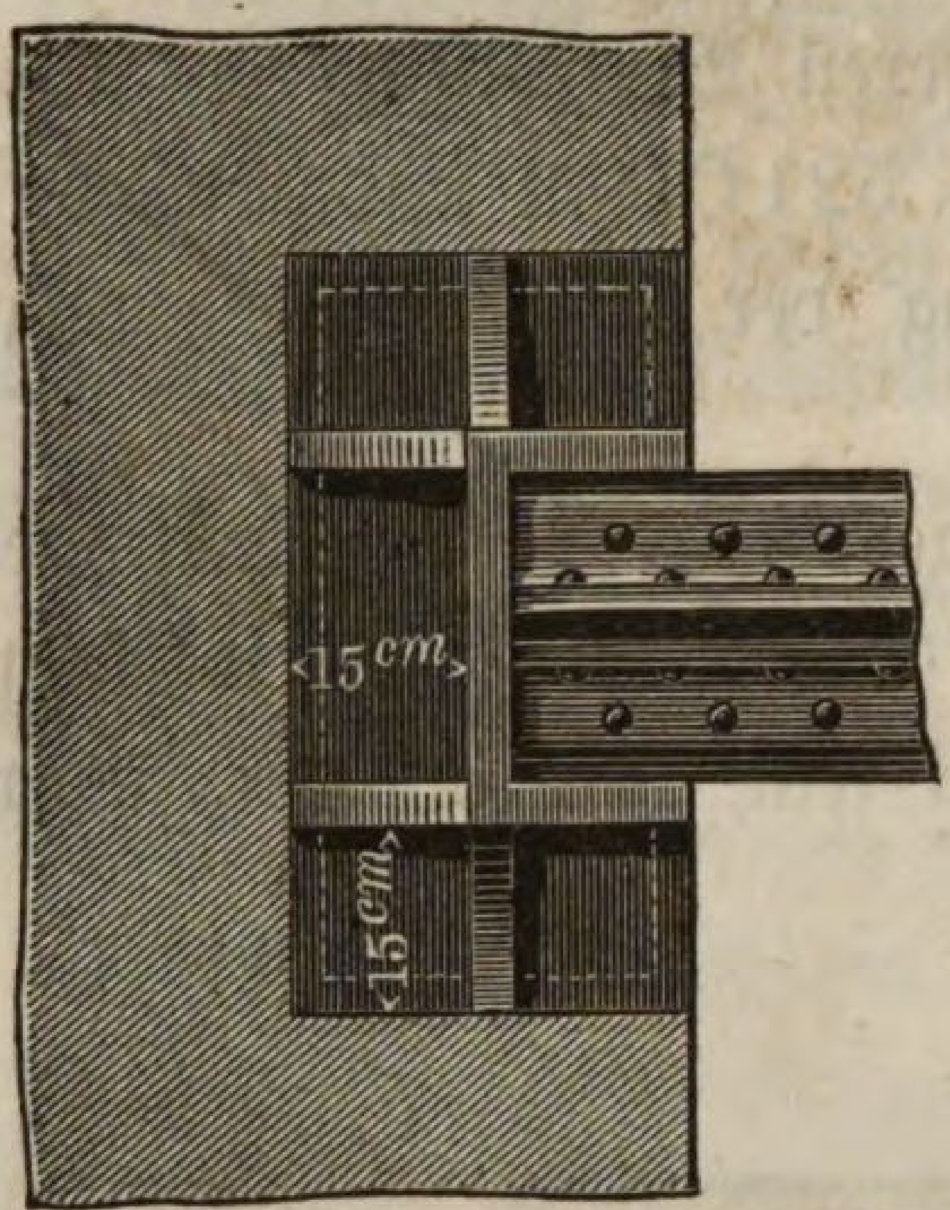


Fig. 524.

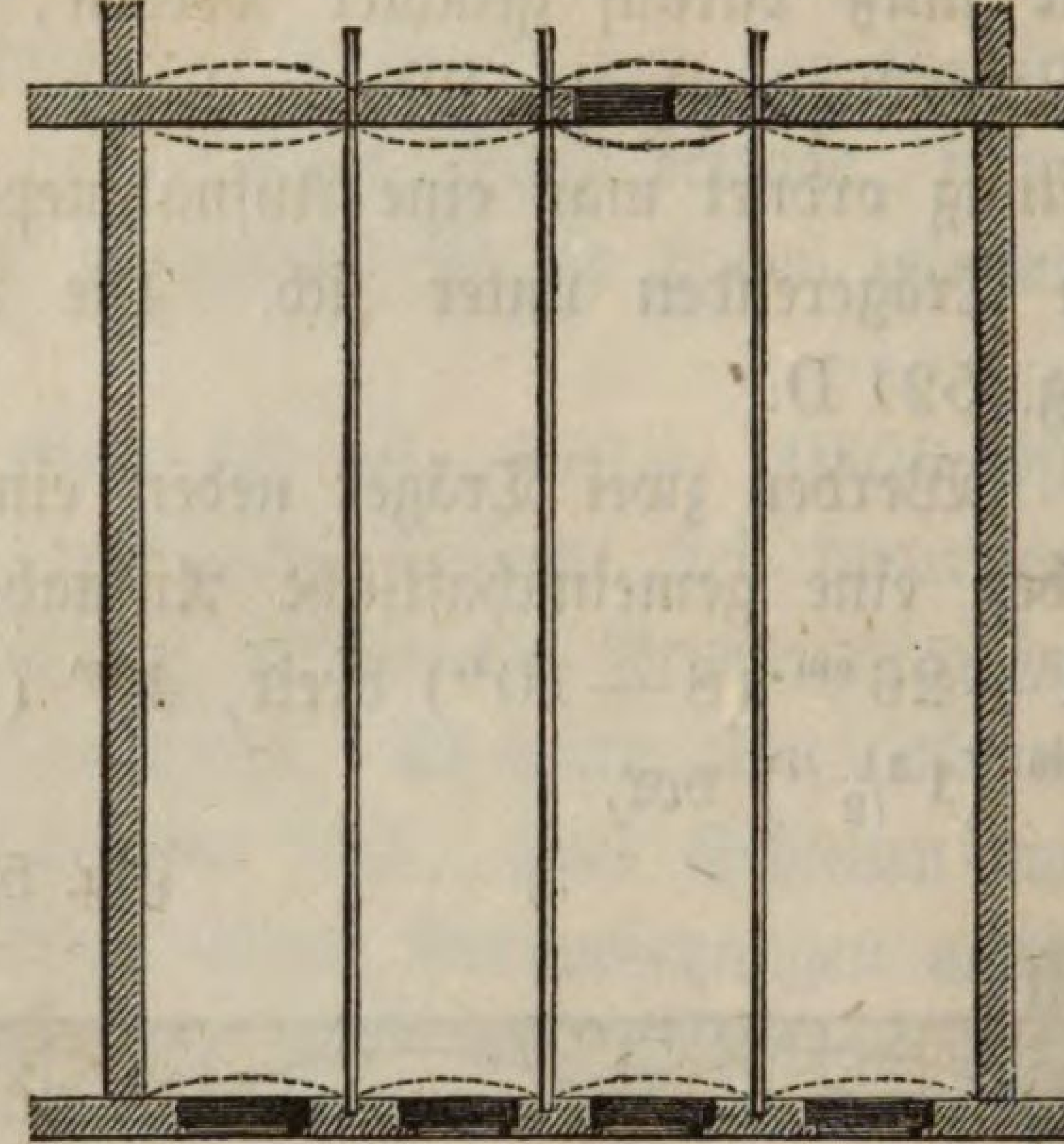
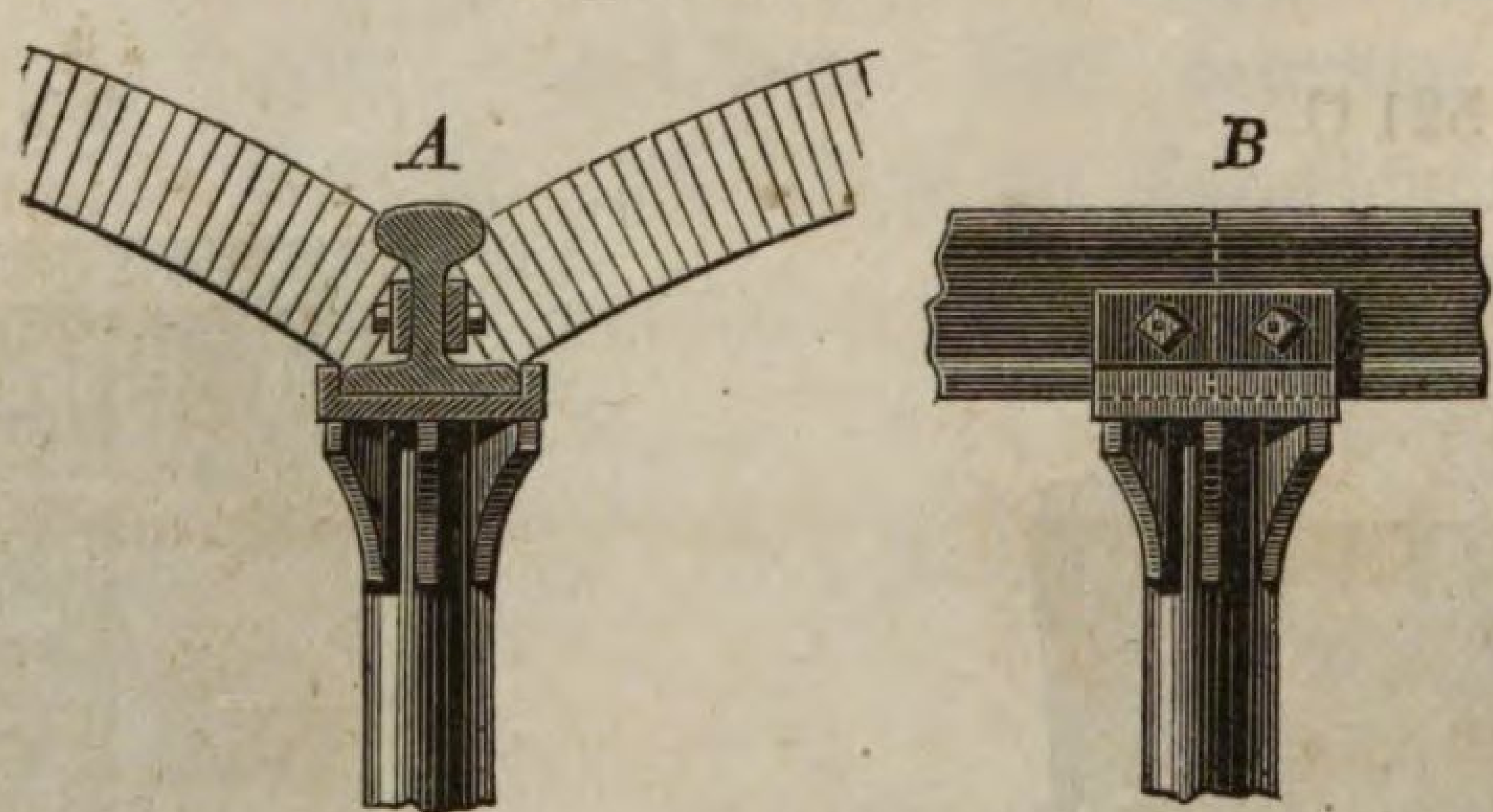


Fig. 525 A B.



durch an den Säulenkopf angegossene Ränder, das seitliche Verschieben verhindert. Wird die Schiene gestoßen, so geschieht dies stets über der Säule (Fig. 525 B).

Beispiel. Die Kappengewölbe 2c. sollen einen Druck von 5000 Kilogr. (100 Centner) auf eine Säule von 2,82^{m} (9′ = 108″) Höhe ausüben, wie groß muß der äußere Durchmesser der Säule sein, wenn sie an beiden Enden frei ist?

Nach der Annäherungsformel Tabelle C ist:

Für das Metermaß:

$$s\,\delta^3 = \frac{P\,l^2}{200000},$$

wobei P in Kilogrammen, s δ und l in Centimetern zu nehmen sind, demnach $s\,\delta = \frac{5000 \cdot 282^2}{200000} = 1988.$

Nehmen wir $s = 2^{cm}$,

so ist $\delta^3 = 999$, oder $\delta = 9{,}99$;

der äußere Durchmesser also $9{,}99 + 2 = 12^{cm}$.

Für das rheinländische Maß:

$$s\,\delta^3 = \frac{P\,l^2}{25000},$$

$$\text{oder } s\,\delta^3 = \frac{100 \cdot 108^2}{25000} = 42.$$

Nehmen wir eine Wandstärke von $^3/_4{}''$ an,

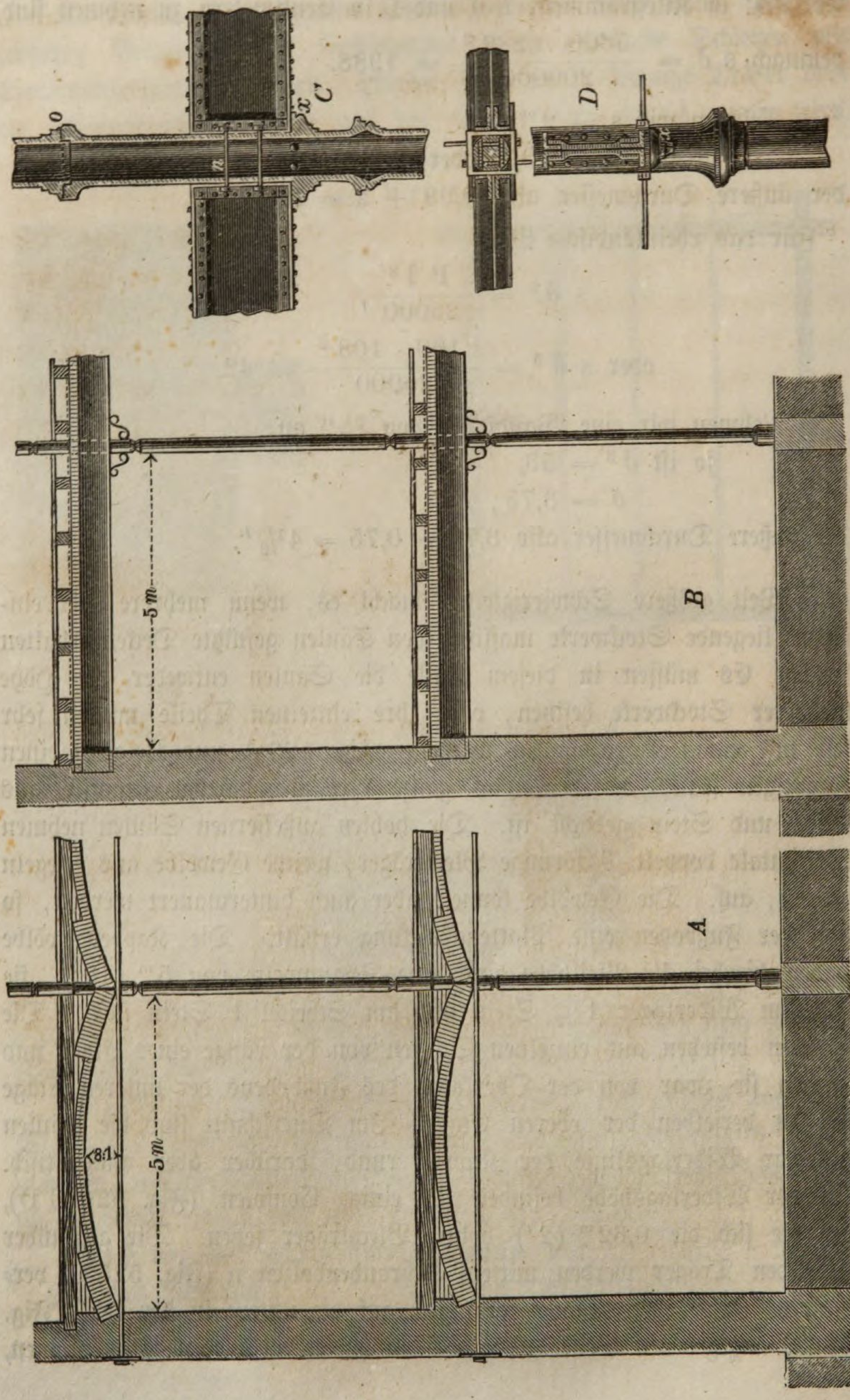
so ist $\delta^3 = 53$,

$\delta = 3{,}75$;

der äußere Durchmesser also $3{,}75 + 0{,}75 = 4^1/_2{}''$.

Weit größere Schwierigkeiten macht es, wenn mehrere über einander liegende Stockwerke massive, von Säulen gestützte Decken erhalten sollen. Es müssen in diesem Falle die Säulen entweder die Höhe mehrerer Stockwerke besitzen, oder ihre einzelnen Theile müssen sehr fest mit einander verbunden werden. Fig. 526 A und B giebt einen derartigen Fall, bei dem das ganze Gebäude durchweg massiv aus Eisen und Stein gedacht ist. Die hohlen gußeisernen Säulen nehmen horizontale doppelt T=förmige Blechträger, welche Gewölbe aus Ziegeln tragen, auf. Die Gewölbe können aber auch hintermauert werden, so daß der Fußboden eine Plattenabdeckung erhält. Die Kappengewölbe haben hierbei $^1/_8$ Pfeilhöhe und eine Spannweite von 5^m (16′), sie sind am Widerlager $1^1/_2$ Stein und am Scheitel 1 Stein stark. Die Säulen bestehen aus einzelnen Stücken von der Länge einer Etage und reichen sie zwar von der Oberkante des Fußbodens der unteren Etage bis zu derselben der oberen Etage. Im Querschnitt sind die Säulen bis zur Widerlagslinie der Kappen rund, darüber aber quadratisch. In der Widerlagshöhe befinden sich einige Consolen (Fig. 526 C D), auf die sich die $0{,}62^m$ (2′) hohen Blechträger setzen. Die gegenüber liegenden Träger werden mittels Schraubenbolzen n (Fig. 526 C) verbunden. Die obere Säule stützt sich auf die untere in der bei o Fig. 526 C angegebenen Weise. Die Säulen haben verschiedene Dimensionen,

Fig. 526 A — D.



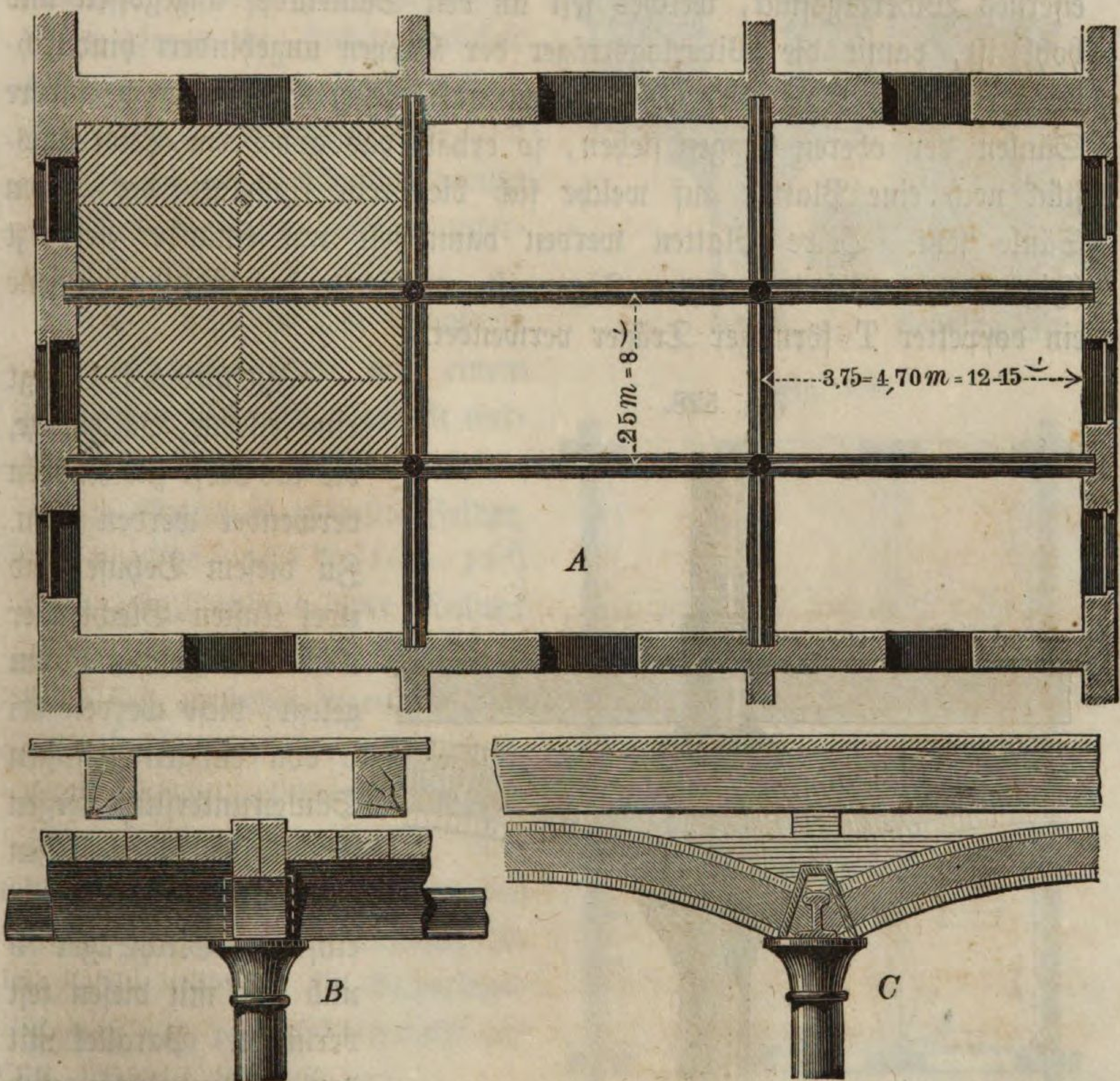
es wird nämlich die oberste einen kleineren Durchmesser als die darunter befindliche haben müssen.

Des starken Seitenschubes des Kappengewölbes wegen muß eine kräftige Verankerung der gegenüber liegenden Widerlagsmauern vorhanden sein.

Die Fundirung der Säulen ist hierbei noch von größter Wichtigkeit. Dieselben verlangen nicht nur einen breiten Fuß, sondern auch ein Fundament, das aus einem Werksteine oder aus in Cement gemauerten härter gebrannten Steinen bestehen muß.

Da, wo es weniger darauf ankommt, große ganz freie Räume, wie in den zuletzt beschriebenen Anlagen, zu schaffen, und wo man

Fig. 527 A — C.



daher die Decken nach Bedürfniß durch Säulen unterstützen kann, ist die Construction wesentlich einfacher.

So zeigt z. B. Fig. 527 A den Grundriß eines Kellers, der zur Restauration benutzt werden soll. Der Raum sei in 9 Theile zerlegt, die Decke bestehe aus drei langen Kappengewölben, welche, je nach der freiliegenden Länge und Belastung, auf T-förmigen Trägern oder Eisenbahnschienen ruhen. Diese Widerlagsträger werden an zwei Stellen durch Säulen unterstützt.

Die Kappen sind auf den Schwalbenschwanz zu wölben und erhalten zu ihrer Verstärkung sogenannte Verstärkungsbögen, in der Richtung der Säulen (Fig. 527 B). Als Stärke der Kappen genügt $1/2$ Stein, hingegen müssen die Verstärkungsgurte 1 Stein stark werden.

Die Verstärkungsbögen erfordern über den Säulen ein besonderes eisernes Widerlagsstück, welches fest an den Säulenkopf angegossen und hohl ist, damit die Widerlagsträger der Kappen ungehindert hindurchreichen können (Fig. 527 C). Sollen auf diesen Säulen noch andere Säulen der oberen Etagen stehen, so erhält das gußeiserne Widerlagsstück noch eine Platte, auf welche sich die breite Fußplatte der oberen Säule setzt. Beide Platten werden dann fest mit einander verbolzt (Fig. 528). Bei der letzten Figur ist an Stelle der Eisenbahnschiene ein doppelter T-förmiger Träger verwendet.

Fig. 528.

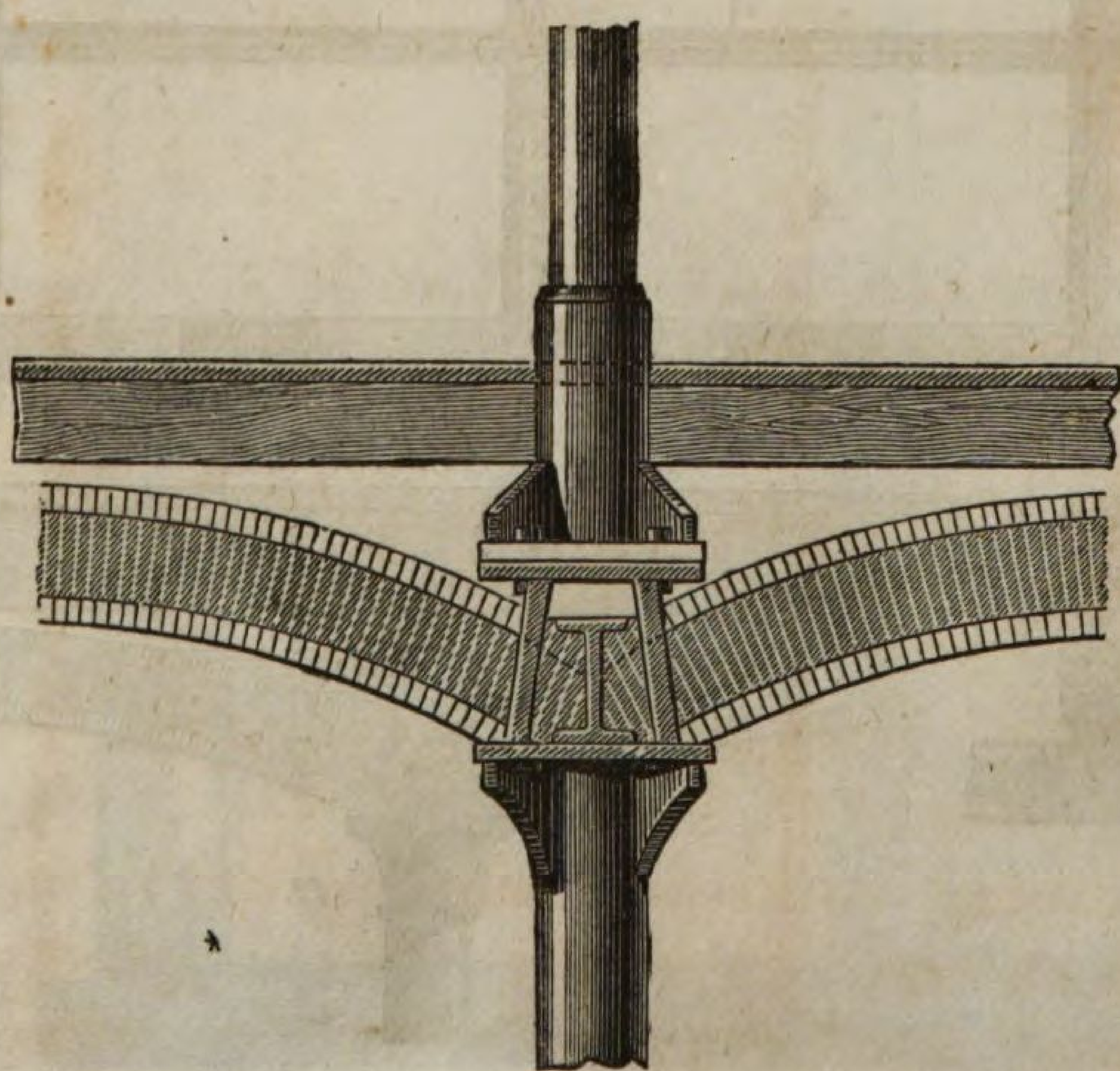
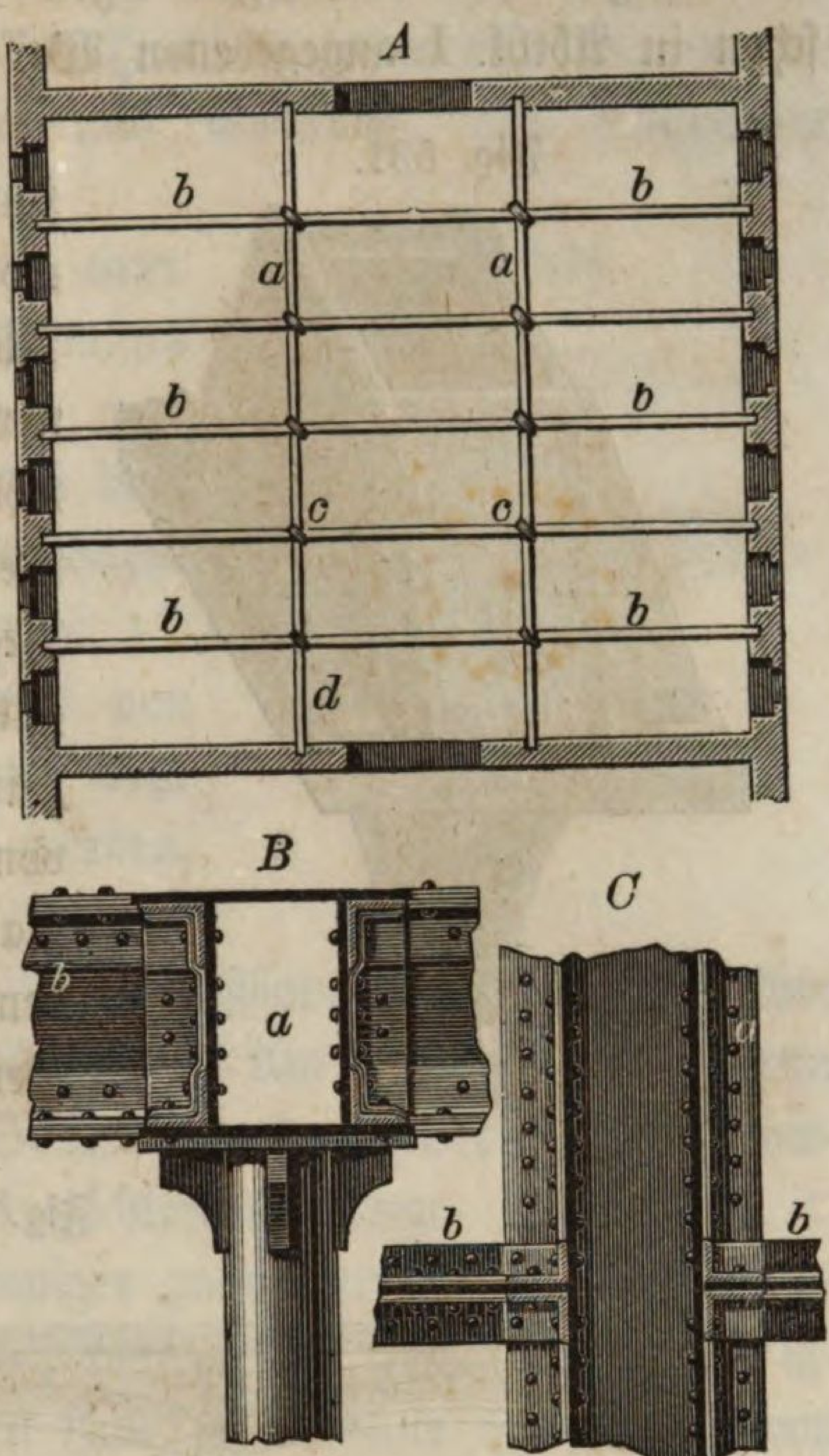


Fig. 529 A B C zeigt eine eiserne Balkenlage, die als Rost für Kappen verwendet werden kann. Zu diesem Behufe sind zwei Kasten-Blechträger a über den ganzen Raum gelegt; diese werden bei c von einigen kräftigen Säulen unterstützt. Gegen die Kastenträger stoßen in senkrechter Richtung einfache Blechträger b und sind mit diesen fest vernietet. Parallel mit den Kastenträgern und

Fig. 529 A—C.

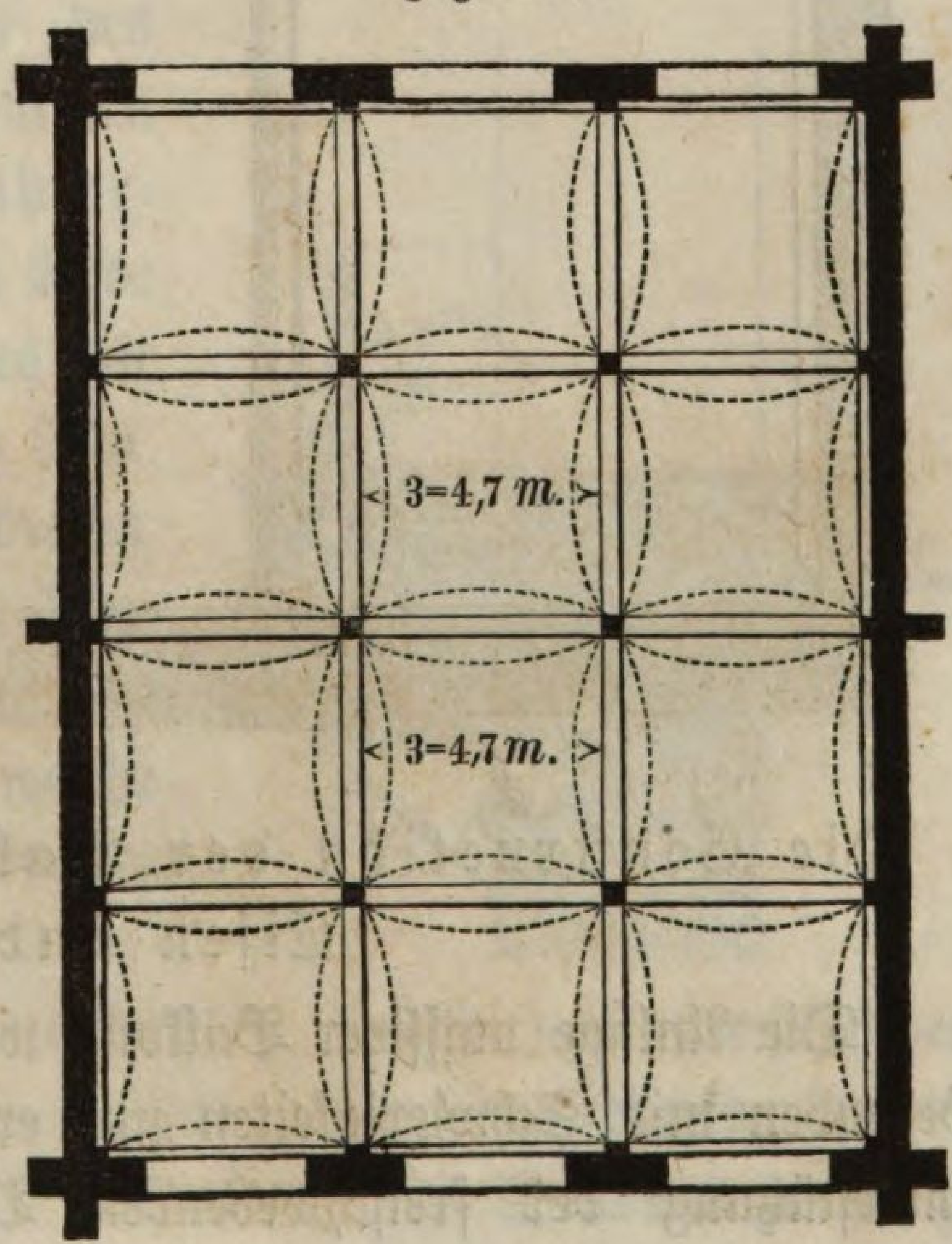


senkrecht zu den einfachen Blechträgern liegen T-förm. schmiede- oder gußeiserne Balken d oder Eisenbahnschienen in Entfernung von 1,88—2,5^m^ (6—8′), so daß sich die Kappengewölbe gegen die Balken d legen können.

Bis jetzt wurde fast ausschließlich das Kappengewölbe zur Bildung von Decken angewendet, es läßt sich jedoch auch jedes andere Gewölbe, z. B. das böhmische, ohne Schwierigkeiten dazu benutzen. Das böhmische Gewölbe dürfte sogar in architectonischer Hinsicht den lang gestreckten Kappen vorzuziehen sein, doch kann es nur bei solchen Räumen benutzt werden, die eine Säulenunterstützung zulassen.

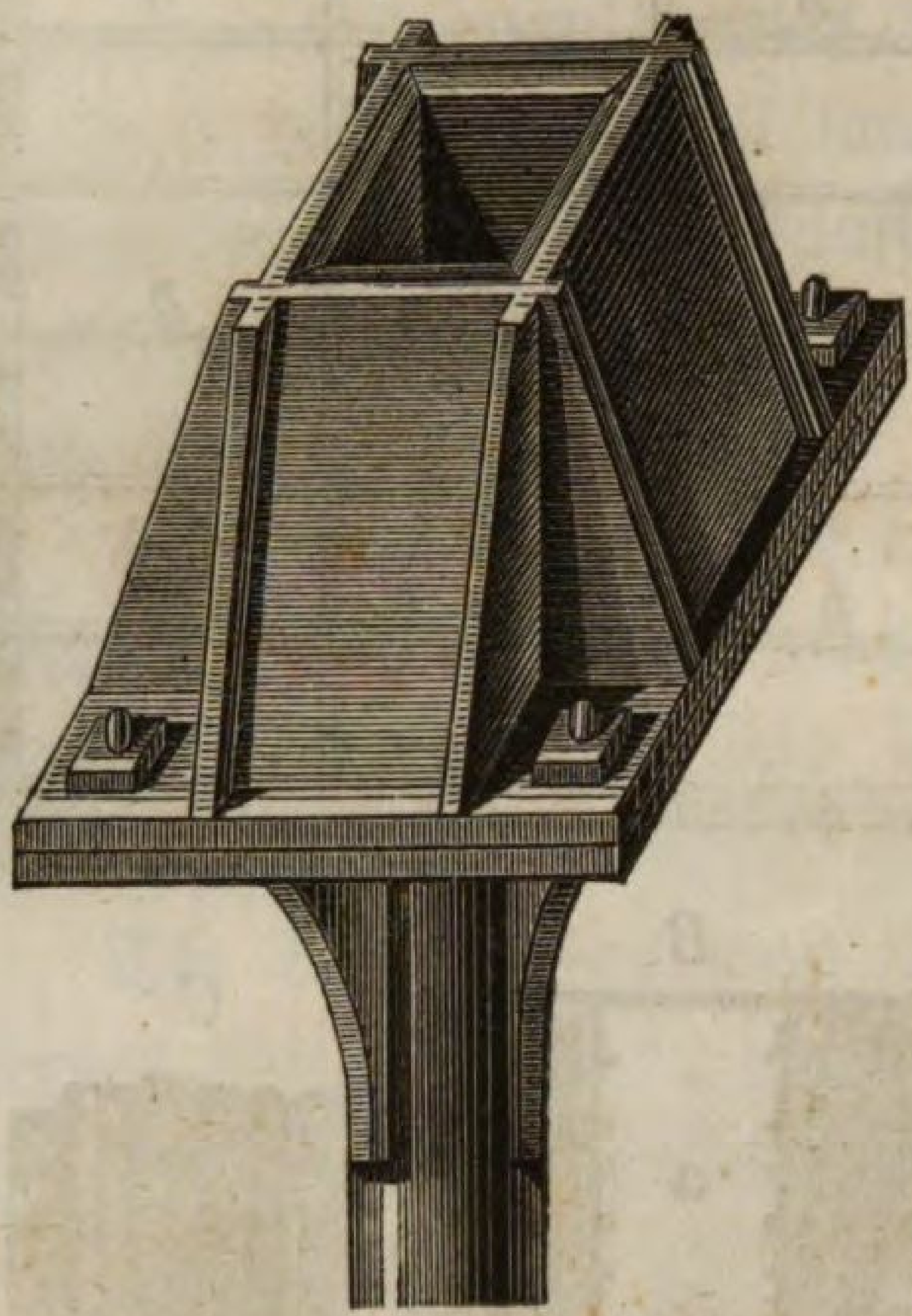
Fig. 530 sei der Grundriß eines Raumes, der mit einem böhmischen Gewölbe überdeckt werden soll. Gurtbögen zerlegen den ganzen Raum in einzelne Felder, die je 3,14—4,7^m^ (10—15′) breit im Quadrat oder Rechteck messen können. Die Gurtbögen legen sich entweder gegen die Umfassungsmauern, oder gegen Gußstücke, welche auf die Säulen angebolzt sind (Fig. 531). Die Widerlags-Gußstücke müssen den Gurtbögen ein gutes Auflager gewähren, weshalb die Widerlagsflächen nach dem Mittelpunkte des Gurtbogens gerichtet sind.

Fig. 530.



Gegen die Gurtbögen legen sich die böhmischen Gewölbe in der schon in Abthl. I angegebenen Weise (Fig. 532).

Fig. 531.



Die Ueberdeckung mit böhmischen Kappen ist besonders da zu empfehlen, wo elegante Räume verlangt werden. Nicht nur die Säulenkapitäle lassen sich noch ausbilden, sondern auch die Gewölbe selbst geben hübsche Motive zur Decoration, hauptsächlich aber wird das Regelmäßige der ganzen Anlage von guter Wirkung sein. In vielen Fällen wäre demnach diese Construction der von Fig. 527 vorzuziehen, zumal, da man die Anordnung der Fig. 528 bei dem Widerlags-Gußstück in Fig. 531 ebenfalls anwenden kann.

Fig. 532.



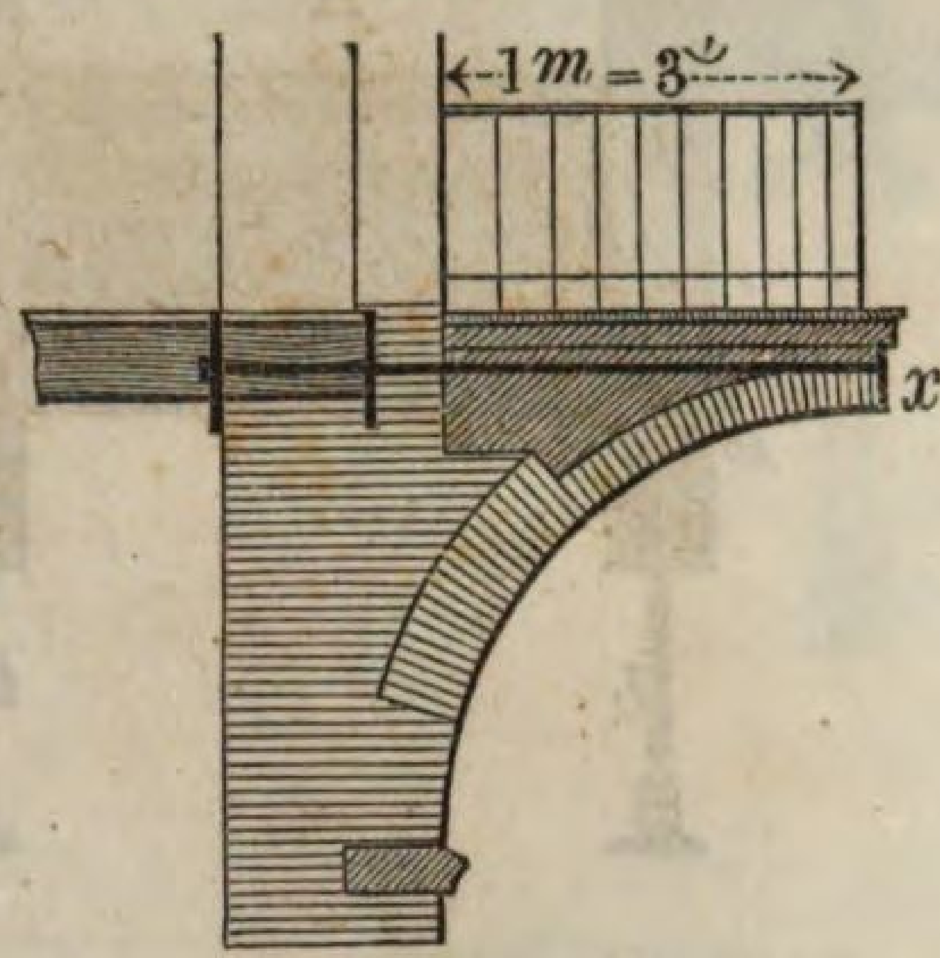
Die Construction der Balkone und Gallerien aus Eisen und Stein.

Die Anlage massiver Balkone war noch unlängst in sandsteinarmen Gegenden mit Schwierigkeiten und erheblichen Kosten verknüpft, da zur Unterstützung der freischwebenden Theile große, weit in die Mauer

reichende Sandsteinkonsole beschafft werden mußten. Erst seitdem das Eisen eine umfassende Verwendung im Hochbau gefunden hat, ist die Einführung der massiven Balkone und Gallerien eine Allgemeine geworden.

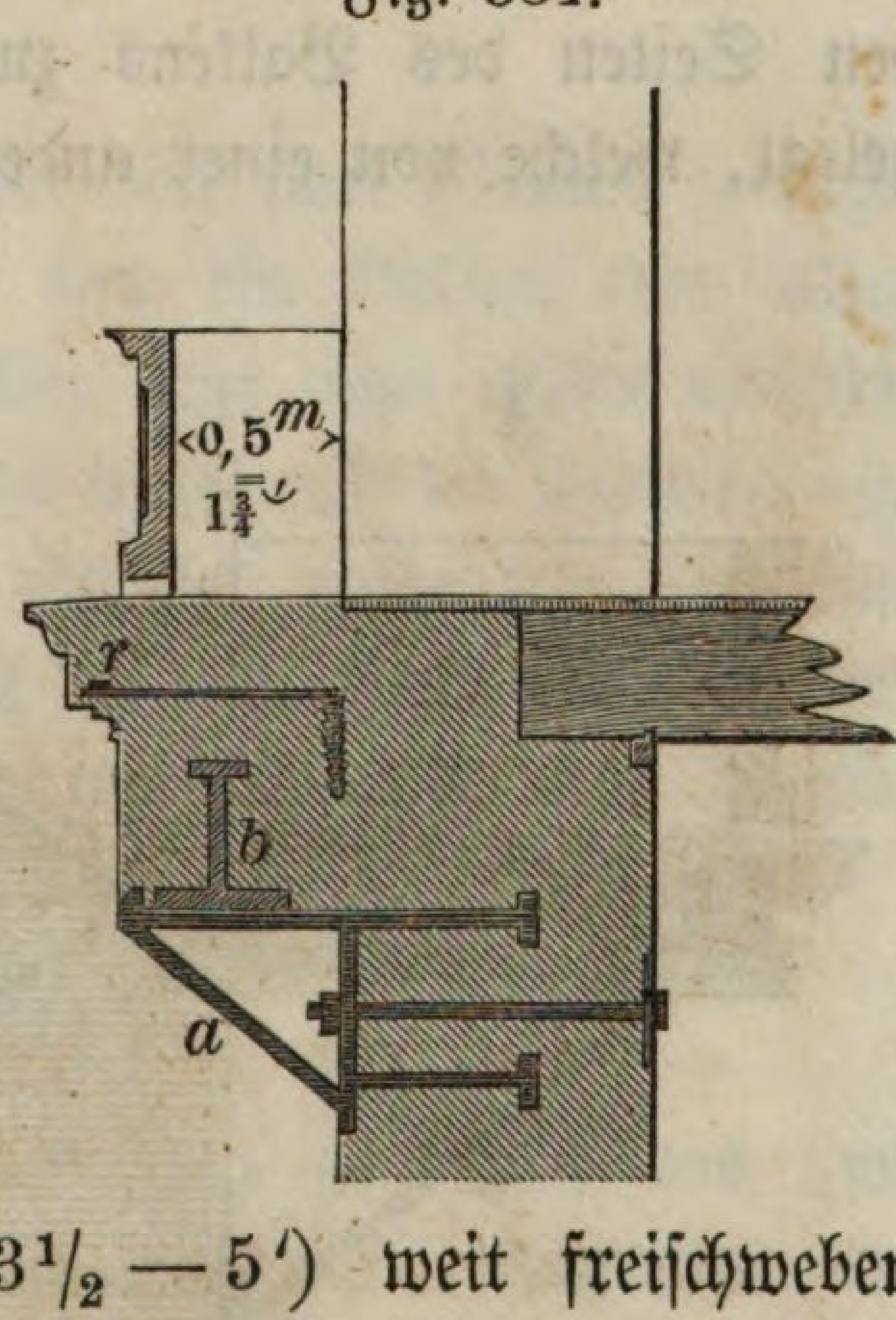
Fig. 533 zeigt die Construction einer Gallerie, wobei ein halbes halbkreisförmiges Tonnengewölbe, am Widerlager $1\frac{1}{2}$ und am Scheitel 1 Stein stark, sich mit dem Scheitel gegen eine E-förmige Eisenbahnschiene x legt. Die Ausladung beträgt 1 m (3′). Der Gewölbeschub wird hierbei von mehreren eisernen Zugstangen, welche wohl auch auf der Balkenlage befestigt werden, aufgehoben. Die obere Fläche der Gallerie liegt in gleicher Höhe mit dem Zimmerfußboden und geschieht ihre Abdeckung am zweckmäßigsten mit Asphalt. Am besten ist es, wenn man diese Gallerie zwischen zwei Seitenvorsprünge anbringt, da hierdurch die Schildenden des Gewölbes geschlossen werden.

Fig. 533.



Diejenigen Balkone, welche weniger zum Betreten als zum Ausstellen von Blumen ꝛc. bestimmt sind, machen die wenigsten Schwierigkeiten. Fig. 534 zeigt einen solchen Fall, wobei nur eine Breite von 0,55 m ($1\frac{3}{4}$′) angenommen ist. Ist ferner vorausgesetzt, daß die Länge des Balkones gleich der Breite einer schmalen Thür ist, so ordnet man, zur Unterstützung des Vorsprunges, an jedem Ende ein gußeisernes Consol a an, welches mit der Mauer in gehöriger Verbindung steht. Auf diesen Consolen liegt ein breiter gußeiserner Träger. Die vornüber hängende Platte des kleinen Gesimses ruht auf einer breiten Eisenschiene r, welche ebenfalls mit dem hinteren Mauerwerke verbunden sein muß.

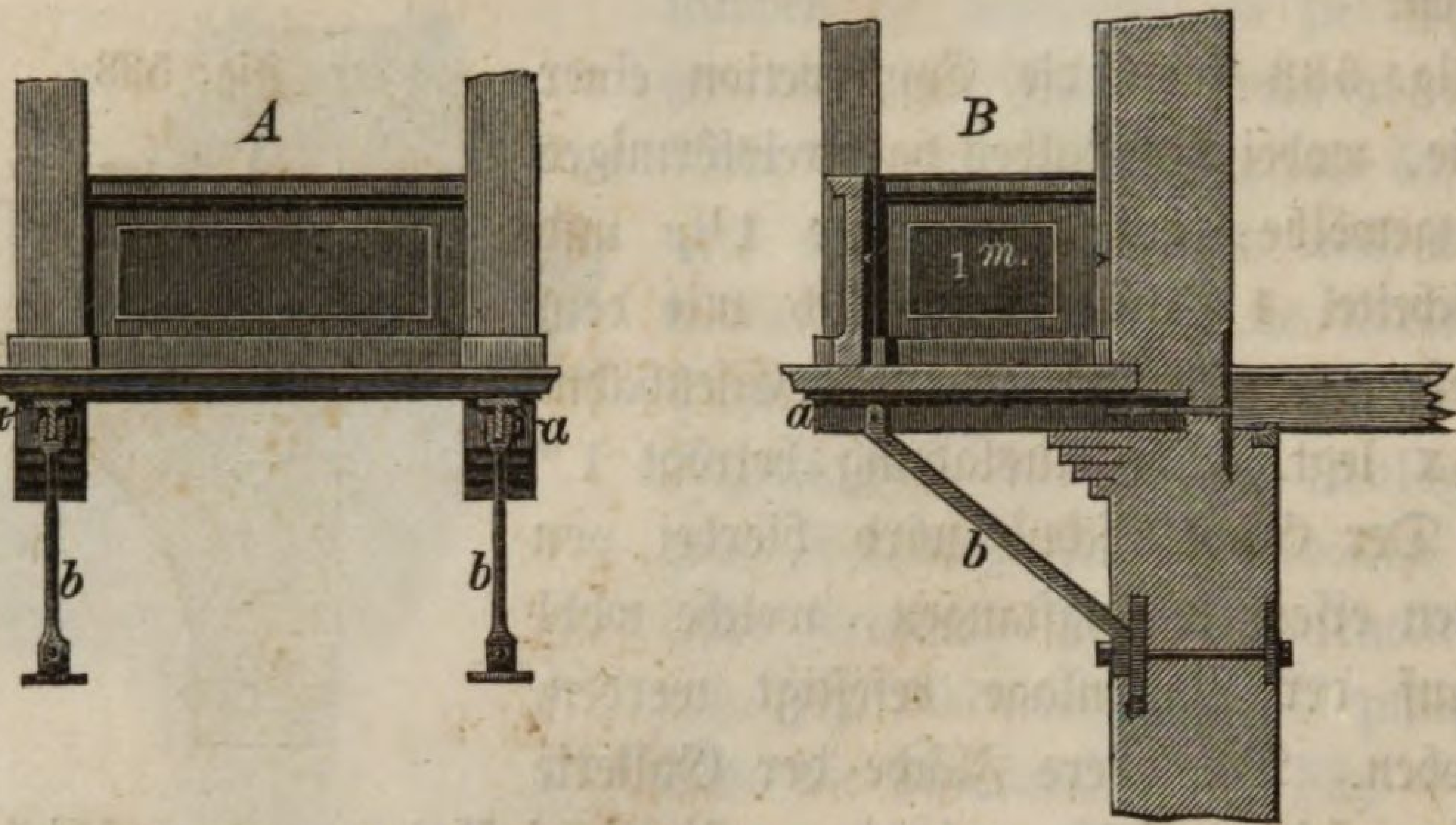
Fig. 534.



Für Balkone, welche 1—1,6 m ($3\frac{1}{2}$—5′) weit freischweben, giebt Fig. 535 A und B ein Beispiel. Sind große Werksteine vorhanden, so würde es das einfachste sein, die Abdeckung des Balkones damit zu

bewerkstelligen. Zur Unterstützung sind dann nur zwei einfache T-förmige Eisenschienen a (Fig. 535 A), welche umgekehrt verlegt werden,

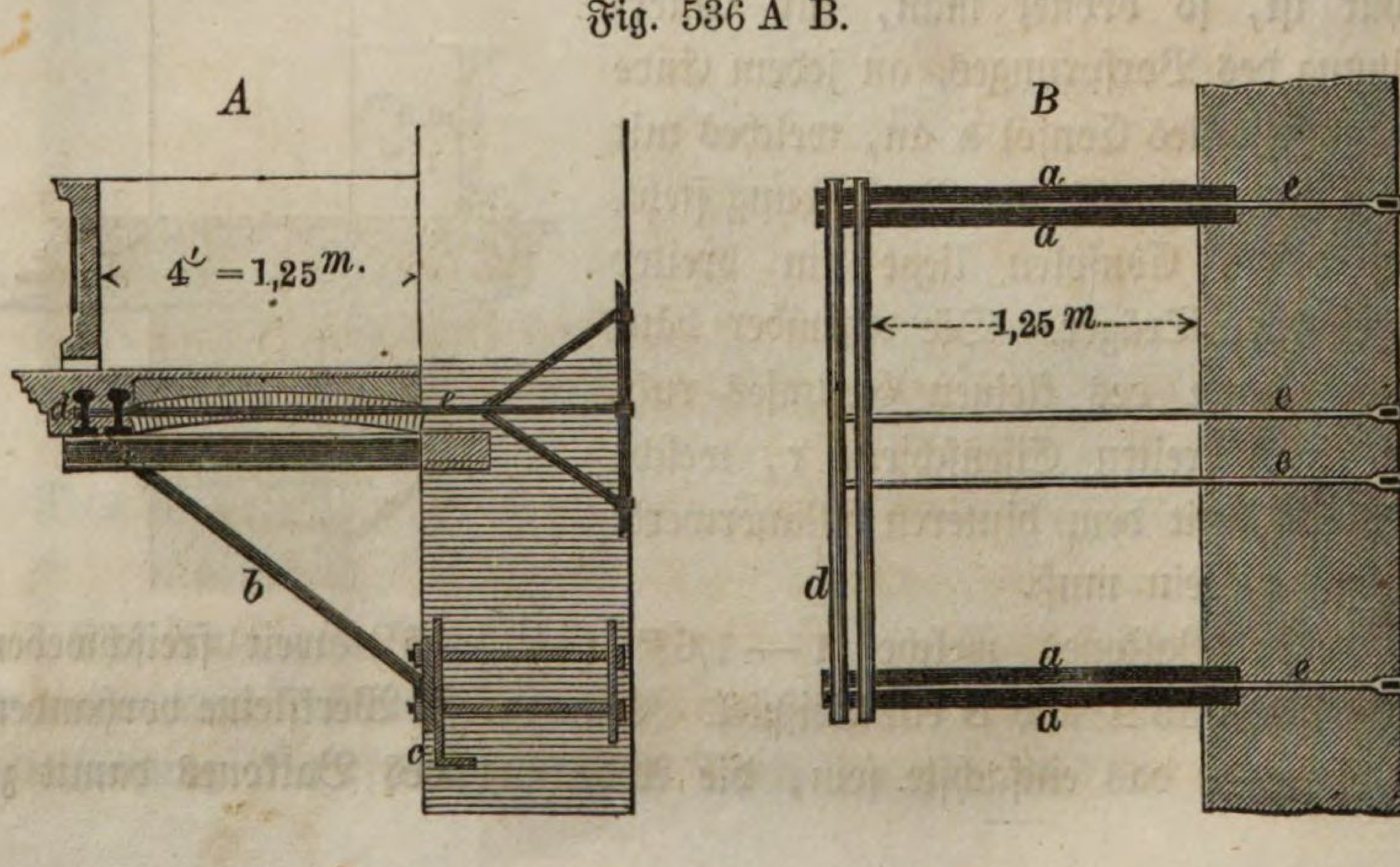
Fig. 535 A B.



erforderlich. Dieselben werden mit dem Mauerwerke und der Balkenlage gehörig verankert und von konsolenartigen Schienen b unterstützt. Letztere umgreift oberhalb das T-Eisen gabelförmig und legt sich unterhalb gegen die Mauer resp. gegen eine breite gußeiserne Platte c, welche den Druck gleichmäßig vertheilt.

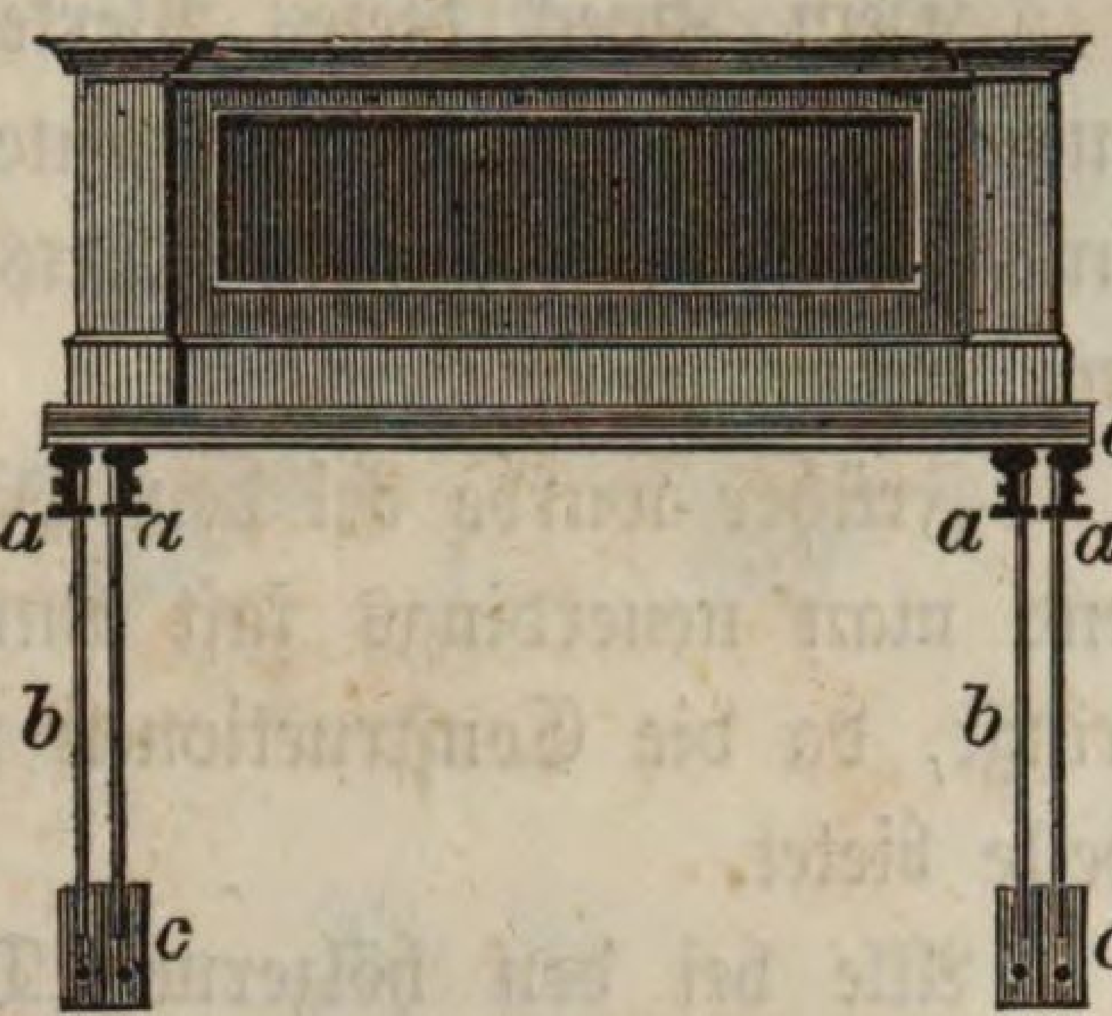
Soll an Stelle der Plattenabdeckung ein Kappengewölbe treten, so empfiehlt sich die Construction Fig. 536 A — C. Hierbei sind an den Seiten des Balkens zwei Eisenbahnschienen a a neben einander gelegt, welche von einer anderen Flachschiene b konsolenförmig unterstützt

Fig. 536 A B.



werden. Ueber a a liegen zwei andere Eisenbahnschienen d d, zwischen diesen und der Umfassungsmauer wölbt sich nun die flache Kappe. Damit der Gewölbeschub die Schienen d d nicht verdrängen kann, muß noch die Verankerung e vorhanden sein.

Fig. 536 C.



Die Schienen können mit einem Putzgesimse oder mit Consolen von Gyps oder Zink umgeben werden. Die Brüstung der Balkone kann aus Stein, Zink- oder Eisenguß gefertigt werden.

Fig. 537 A—D.

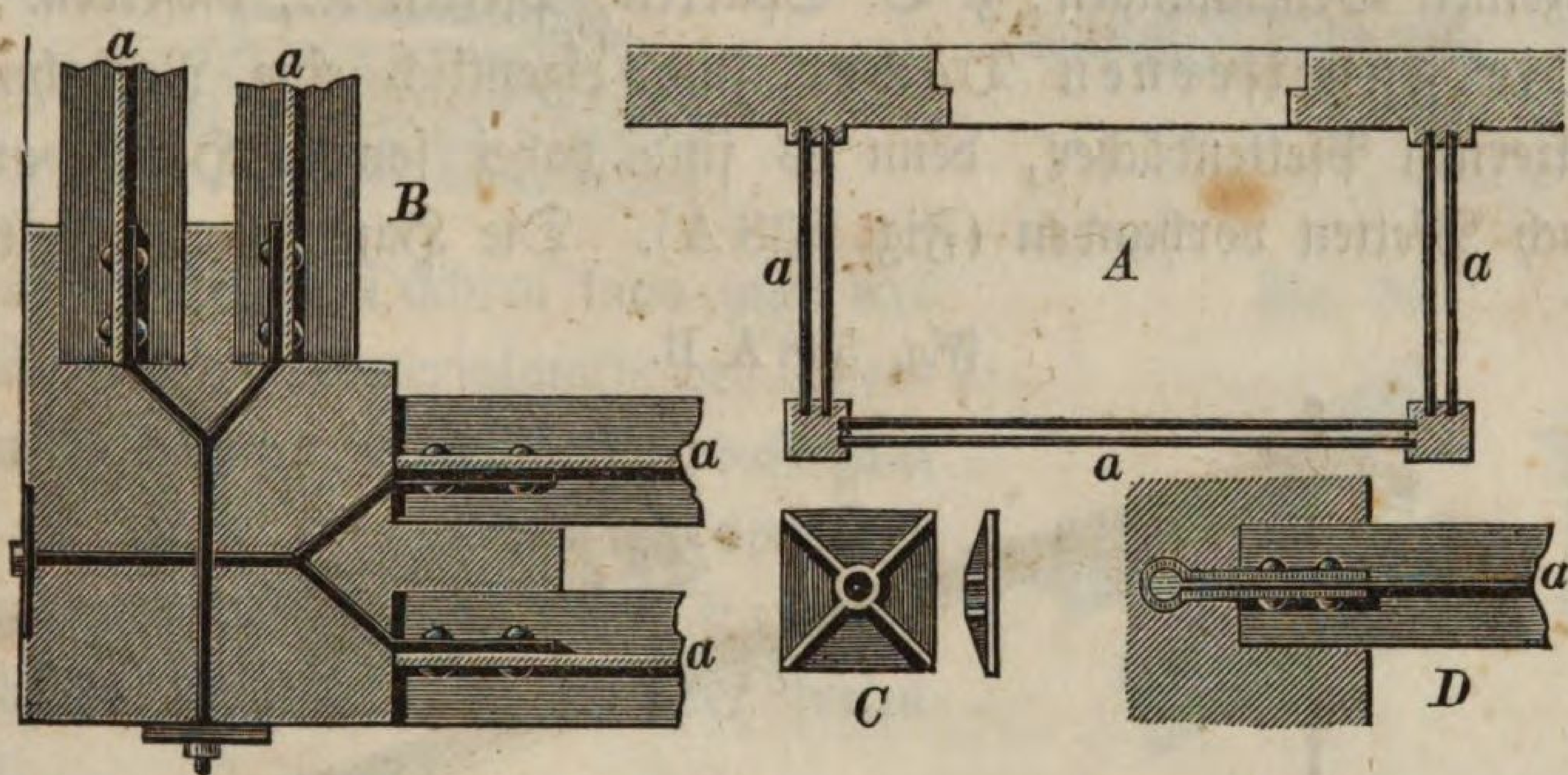


Fig. 537 A—D zeigt einen Balken, der von zwei Pfeilern getragen wird. A ist ein Vorbau, über dem sich noch ein Balkon oder Altan befindet. Zwischen die Mauern und Pfeiler legt man neben einander zwei Eisenbahnschienen a und wölbt zwischen diese und die Mauern eine preußische Kappe. Das Verschieben der Schiene verhindert die Verankerung mit dem Mauerwerk (Fig. 537 D) und mit den Pfeilern (Fig. 537 B). Am Ende des Ankereisens wird deshalb eine ziemlich breite (0,3 m resp. 1′) Ankerplatte (Fig. 537 C) erforderlich.

Die eisernen Dächer.

Diese entstanden zuerst in solchen Ländern, in denen das Holz theuer, dagegen das Eisen verhältnißmäßig billig ist. Außerdem da, wo man großen Räumen, z. B. Eisenbahnhallen, Maschinenhäusern ꝛc. ein feuersicheres, festes Dach geben wollte. Nachdem sich die ersten

Versuche dieser Art bewährt hatten, ist diese Constructionsweise bei zahlreichen Bauwerken zur Ausführung gekommen.

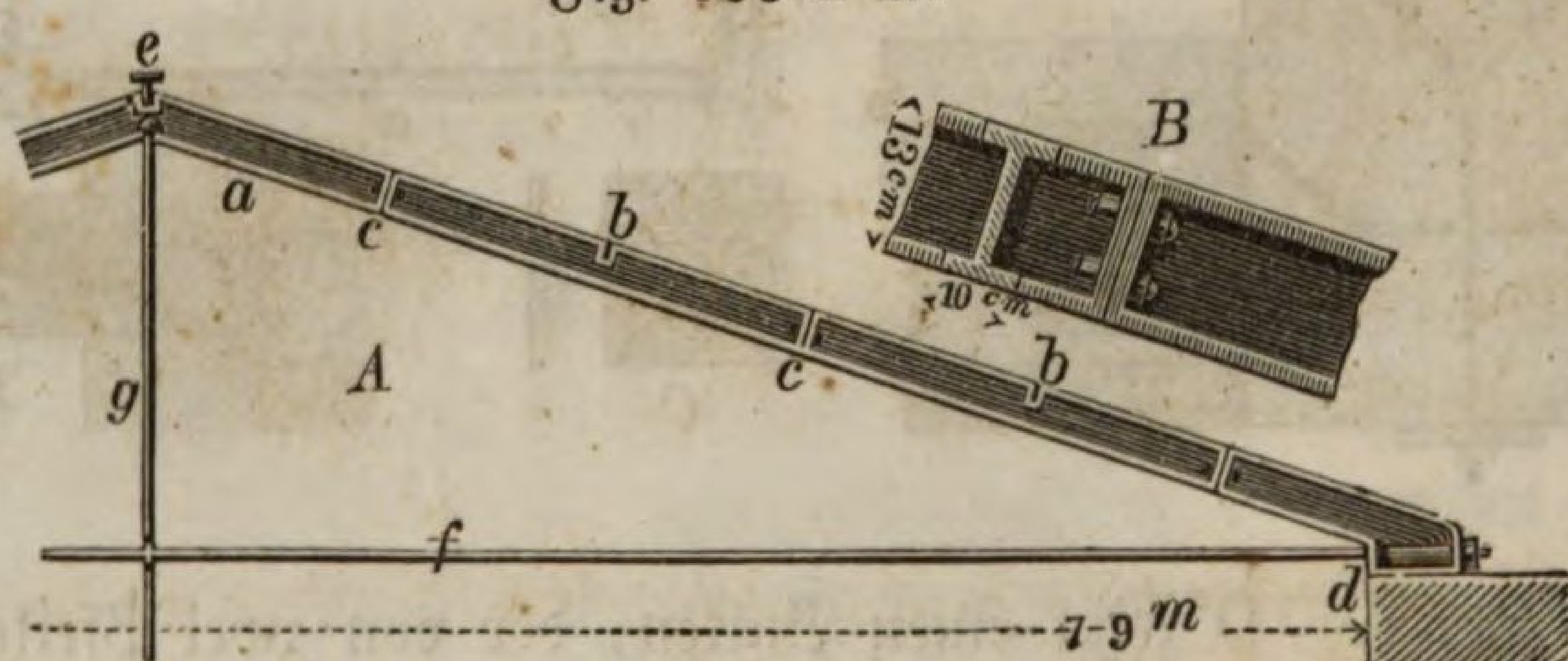
Dem Zweck dieses Werkes entsprechend, können wir hier nur diejenigen Constructions-Elemente geben, die in der bürgerlichen Baukunst zur Anwendung kommen. Das Weitere ist aus den Werken von Brandt und Ritter zu ersehen.

Früher wurde bei den Dächern nur das Gußeisen verwendet, während man neuerdings fast immer das Schmiedeeisen zur Anwendung bringt, da die Constructionen mit letzterem Materiale entschiedene Vortheile bietet.

Alle bei den hölzernen Dächern vorkommenden Dachformen, als Sattel-, Pult-, Zeltdach ꝛc. sind auch in Eisen ausführbar und bleiben die einzelnen Benennungen, z. B. Sparren, Pfetten ꝛc., dieselben.

Die gußeisernen Dächer sind eigentlich eine Nachahmung der hölzernen Pfettendächer, denn es sind dabei sowohl Hauptsparren, als auch Pfetten vorhanden (Fig. 538 A). Die Hauptsparren bestehen

Fig. 538 A B.



entweder aus einem Stück, oder dieselben werden aus mehreren einzelnen Theilen stumpf zusammengestoßen und an den Flanschen verbolzt (Fig. 538 B).

Auf die Hauptsparren a werden die Pfetten b genietet oder verbolzt (Fig. 539). Jeder Sparrenschenkel wird am First mit einer Platte, welche den Kopf der Hängestange umfaßt, überdeckt (Fig. 540). An die Ueberdeckungsplatte wird ein kleines Consol genietet, auf welches sich die Firstpfette e (Fig. 538 A) stützt. Am Ende des Sparrenschenkels sitzt der Schuh d (Fig. 538 B), durch diesen geht die Zugstange f (Fig. 541), welche den starken Seitenschub des Gewölbes aufhebt. Die einzelnen Theile der Zugstange werden durch eine Muffe, welche am besten in der Mitte angebracht und von einer dünnen Zugstange auf-

gefangen wird, verbunden (Fig. 542). Beim Drehen der Muffe werden die einzelnen Theile der Zugstange zusammengezogen.

Fig. 539.

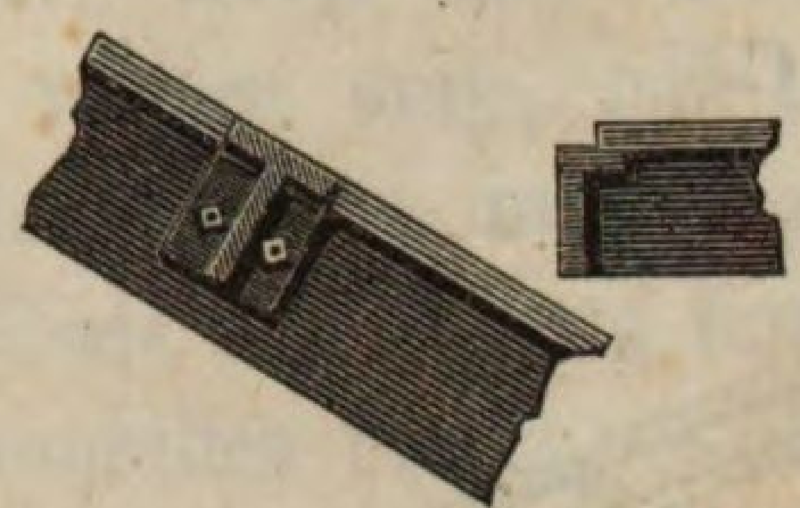


Fig. 540.

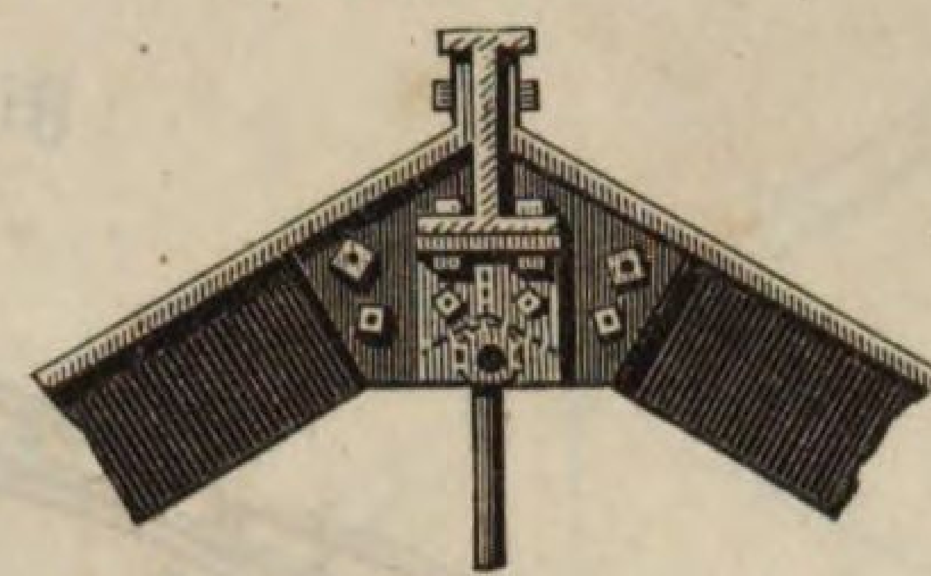


Fig. 541.

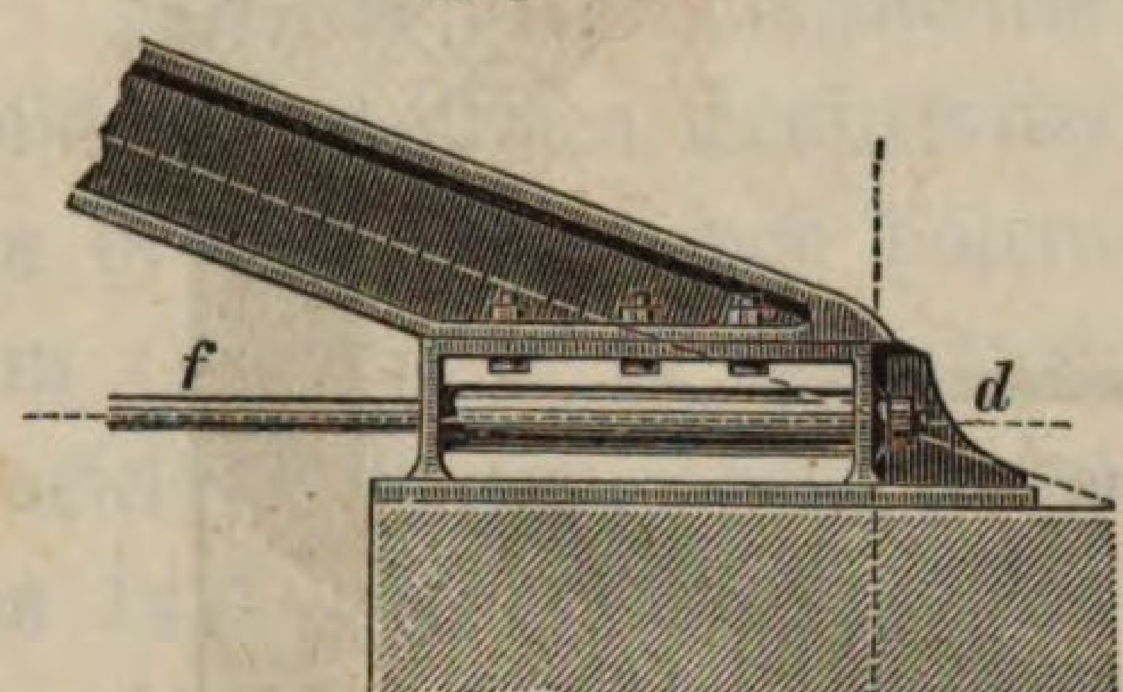


Fig. 542.

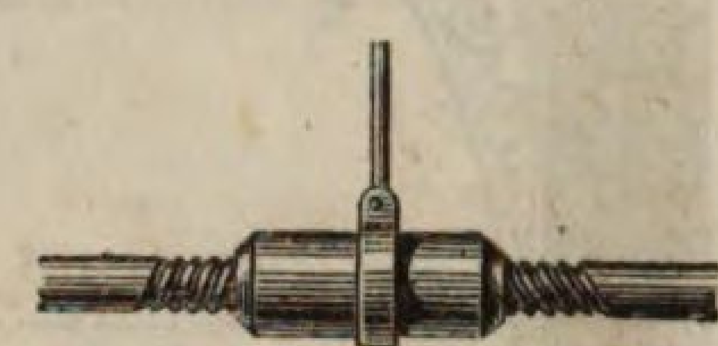


Fig. 543.



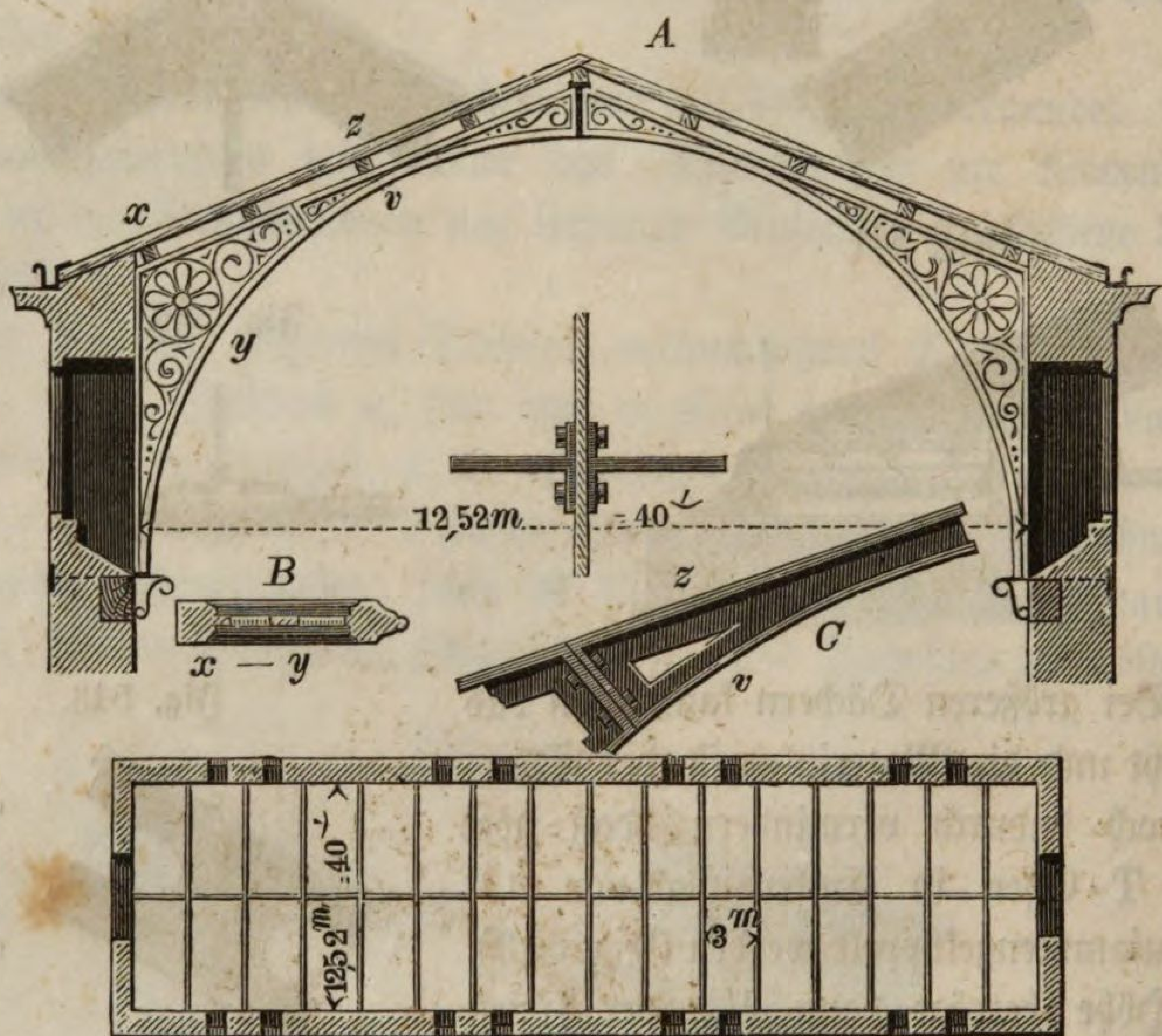
Bei größeren Dächern kann man das Gewicht und die Materialmasse der Sparren noch dadurch vermindern, daß zwei kleine T-Eisen in Entfernung von 1 m (3′) zusammengekuppelt werden (Fig. 543). Die Höhe beträgt dann $^1/_{30}$ der freien Länge.

Größere Spannweiten als 8—10 m (20—30′) sind für gußeiserne Dächer mit g r a d e n Sparren nicht zu empfehlen, da durch die zu großen Dimensionen die Kosten erheblich werden. In solchen Fällen würde man daher den g e k r ü m m t e n Sparren den Vorzug geben müssen. Diese werden entweder spitzbogen- oder halbkreisförmig gestaltet, damit der Seitenschub möglichst gering ausfällt.

Fig. 545 zeigt das Dach einer Reitbahn oder dergl. Der Raum habe 12,5 m (40′) Spannweite und in Entfernung von 3,13 m (10′) sollen die Bindersparren stehen. Die Bogensparren kann man dann aus mehreren Theilen zusammenstellen und mit Zinkornamenten versehen. Den Stoß der einzelnen Bogentheile zeigt Fig. 545 C; den Querschnitt des Bogensparrens zeigt Fig. 545 B nach x — y. Die Bögen setzen sich auf ein Consol von Gußeisen oder Granit, welches mit dem Mauerwerk in gehöriger Verbindung stehen muß. In diesem Falle erhält

natürlich die Mauer bei jedem Hauptbinder eine Pfeilverstärkung. Auf den Bogensparren ruhen die eisernen oder hölzernen Pfetten und über diesen liegen wiederum schwache Sparren.

Fig. 545 A—C.



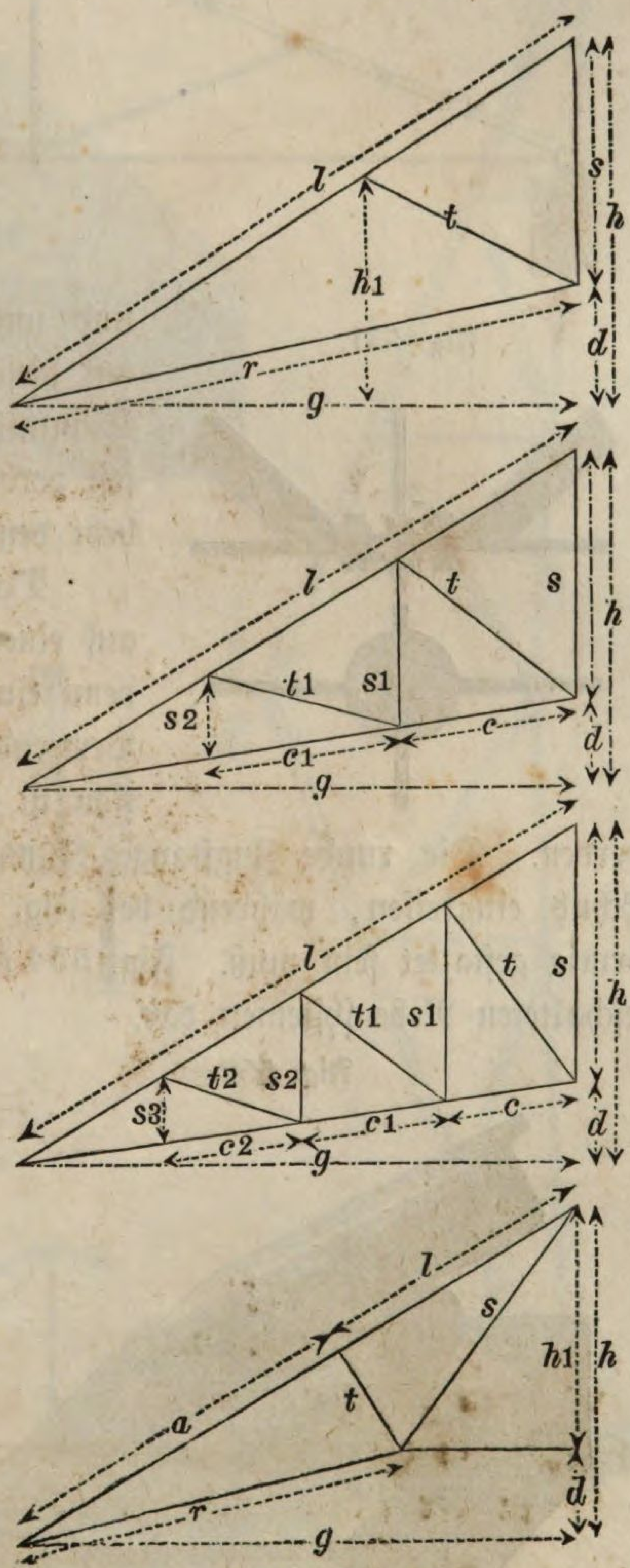
Wie schon erwähnt, bedient man sich neuerdings bei größeren Spannweiten ausschließlich des Schmiedeeisens, da dies bedeutend geringere Dimensionen der einzelnen Constructionstheile erlaubt.

Das einfachste System für schmiedeeiserne Dächer zeigt Fig. 538. Es läßt sich das bis zu 6,25 — 7 m (20—22′) Spannweite ausführen, bei größeren Entfernungen müssen die Sparren unterstützt werden, was am besten durch Streben (Fig. 546) geschieht. Es ist am zweckmäßigsten, wenn die Strebe mit den Sparren einen Winkel von 90° bildet. Die in der Mitte befindliche Hängestange muß stark genug sein, daß sie den Druck resp. Zug der Zugstange und Streben aushalten kann. Diese Hängestange wird, besonders bei hohen Dächern, so kurz wie möglich gemacht.

Bei noch größeren Spannweiten bringt man mehrere Streben und Zugstangen an, so daß bei Vervielfältigung der Streben das Dreieck-

system entsteht (Fig. 547 und 548). Die Streben können 1,8—5,6 m (6—18′) weit von einander entfernt sein. Zwischen dieses Hauptsystem läßt sich noch ein Nebensystem einschalten, wobei aber Sorge getragen werden muß, daß der ausgeübte Druck aufgefangen wird. Diese Einschaltung findet bei Spannweiten von 20—25 m (70—80′) statt.

Fig. 546—549.



Als ein Uebergangssystem zwischen den obigen Constructionen ist das System von Polonceau (Fig. 549) zu betrachten. Dasselbe ist bis zu Spannweiten von 14 m (45′) brauchbar. Der Querschnitt des Sparrens besteht entweder aus Bohlen mit Eisenverstärkung (Fig. 557), aus einfachen resp. doppelten T-förmigen Eisen, oder, bei sehr großen Spannweiten der Sparren, aus Blech- oder Gitterträgern. Die Streben werden stets aus Gußeisen gefertigt und ist ihr Querschnitt am zweckmäßigsten kreuzförmig oder rund. Die Zugstangen hingegen sind meistens kreisförmig, selten quadratisch und stets aus Schmiedeeisen gefertigt.

Fig. 550 zeigt ein schmiedeeisernes Dach nach dem Dreieck-System. Die Details sind aus den Zeichnungen zu ersehen. Die Sparren und Streben sind aus einfachen T-Eisen, während zu den Hängeeisen Rundeisen gewählt wurden. Die Pfetten sind einfache Winkeleisen, auf welche man direct die Dachschaalung aufschrauben kann. Der Zusammenstoß in der Mitte ist aus

Fig. 551 zu ersehen. Die Zugstangen wurden nämlich abgeflacht, oben

Fig. 550.

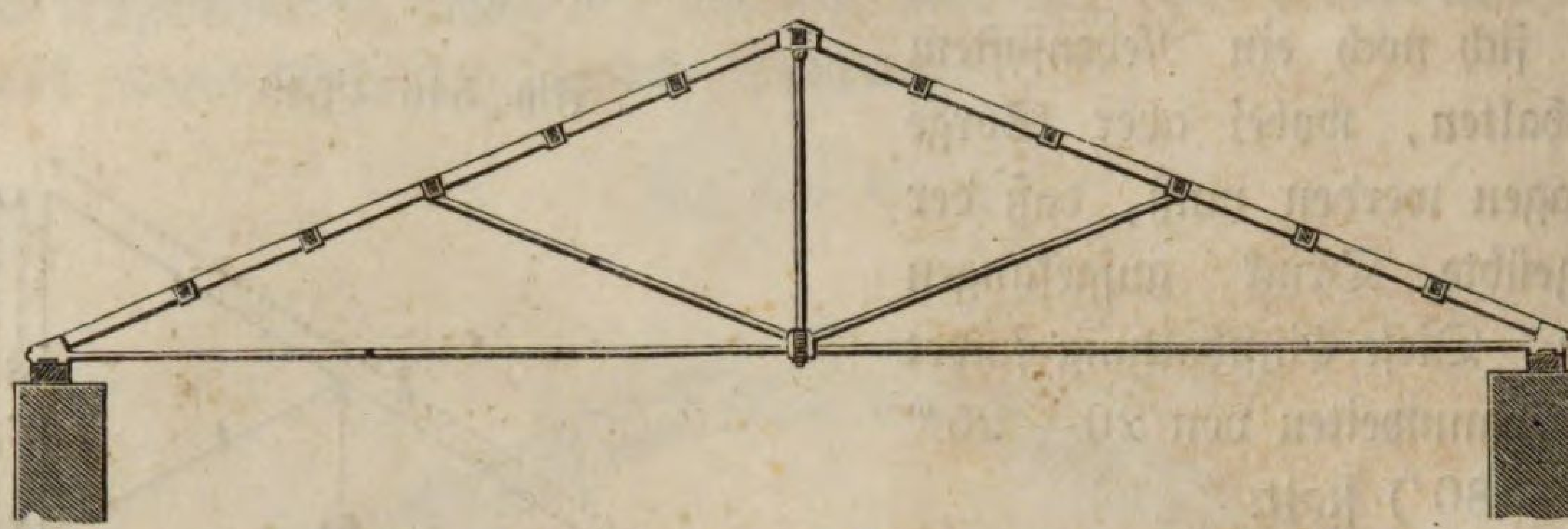
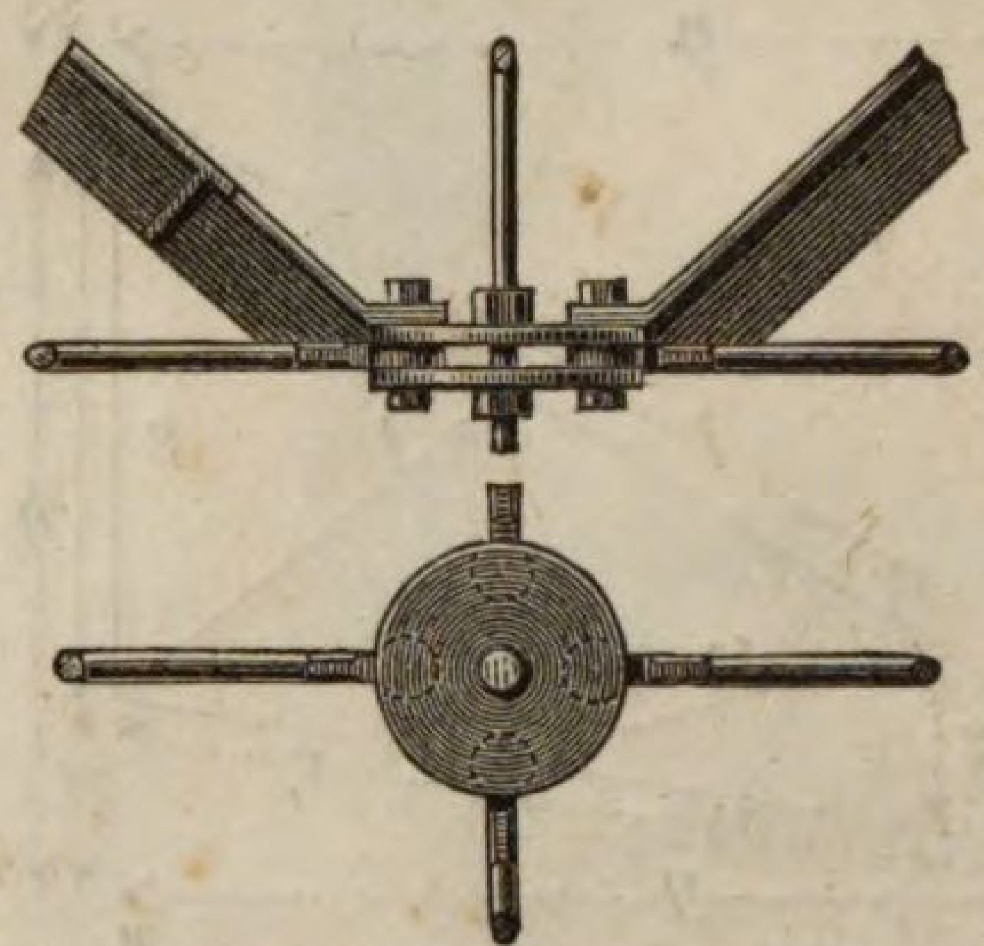


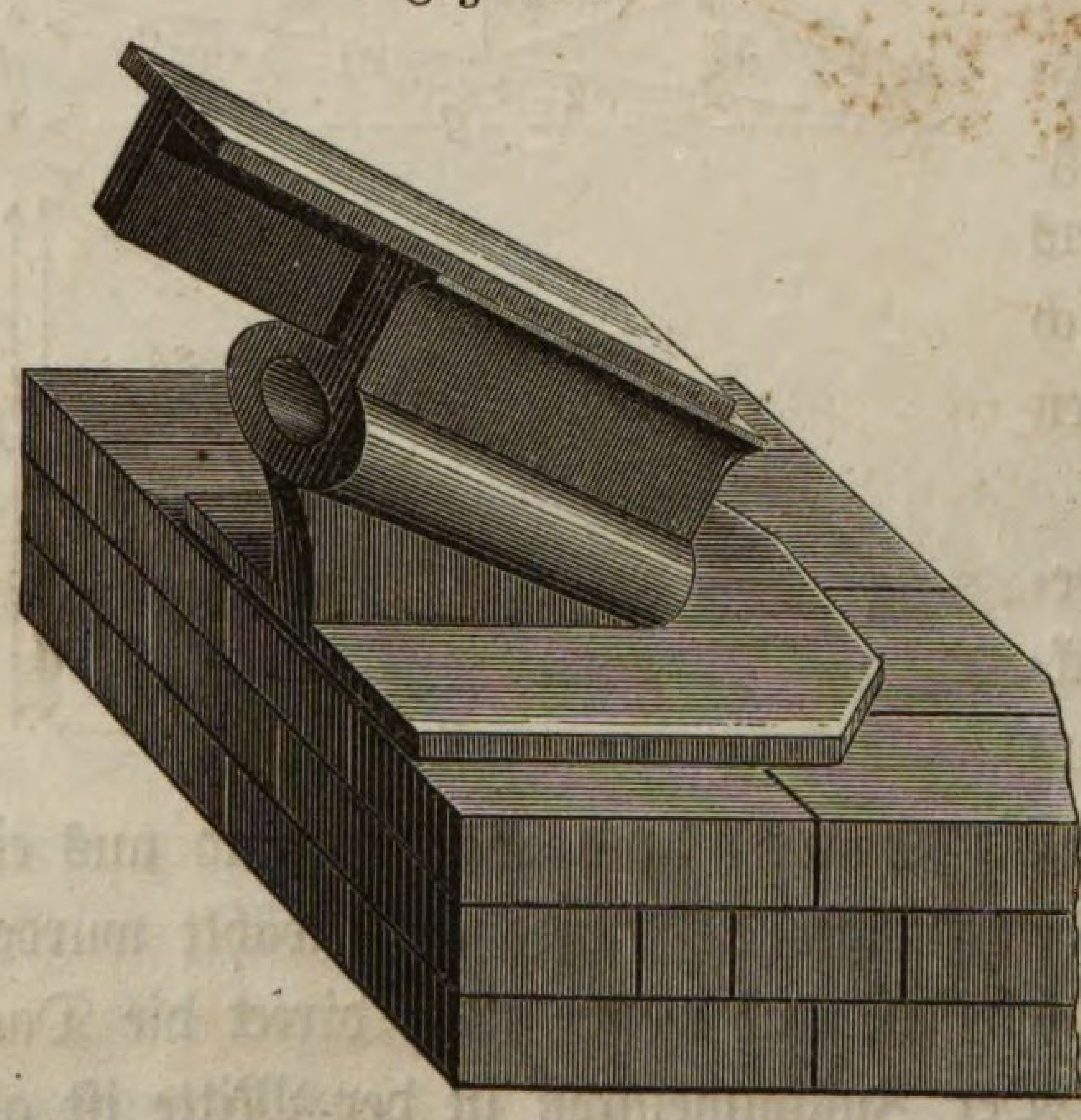
Fig. 551.



und unten mit einer Platte bedeckt und auf diese die T-förmigen Streben gesetzt. Sämmtliche Theile sind mittels Bolzen fest verbunden. Die vertikale Hängestange hebt den Druck der Strebe auf.

Das Fußende der Sparren setzt sich auf einen gußeisernen Schuh, und je nachdem einfache oder doppelte T-Eisen zur Verwendung kommen, kann die Construction in Fig. 552 oder Fig. 553 empfohlen werden. Die runde Zugstange könnte in Fig. 552 auch direct in den Schuh eingreifen, während bei Fig. 553 die Zugstange dann gabelförmig gestaltet sein muß. Fig. 554 A und B stellt ein Dach mit eingeschalteten Nebensystemen dar.

Fig. 552.



Figur 555 giebt ein Dach nach dem Systeme Polonceau. Hierbei wird der Sparren durch eine kreuzförmige Strebe unterstützt und der Druck von schrägen Zugstangen aufgehoben. Fig. 556 A und B zeigt die betreffenden Details, welche ohne weitere Erklärung verständlich sind. Das Fußende des Sparrens greift in einen Schuh, wie in Fig. 552 und 553 mit-

Fig. 553.

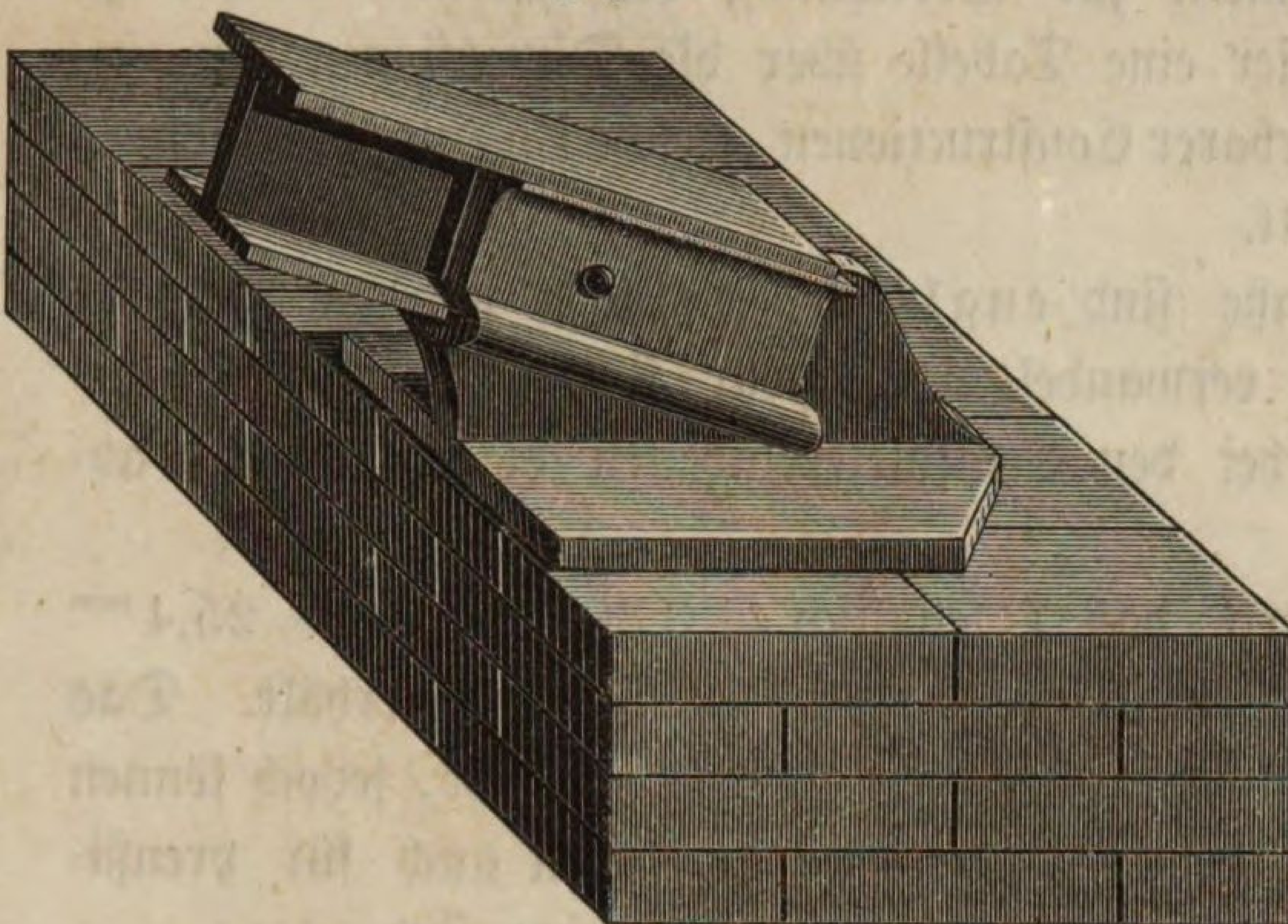


Fig. 554 B.

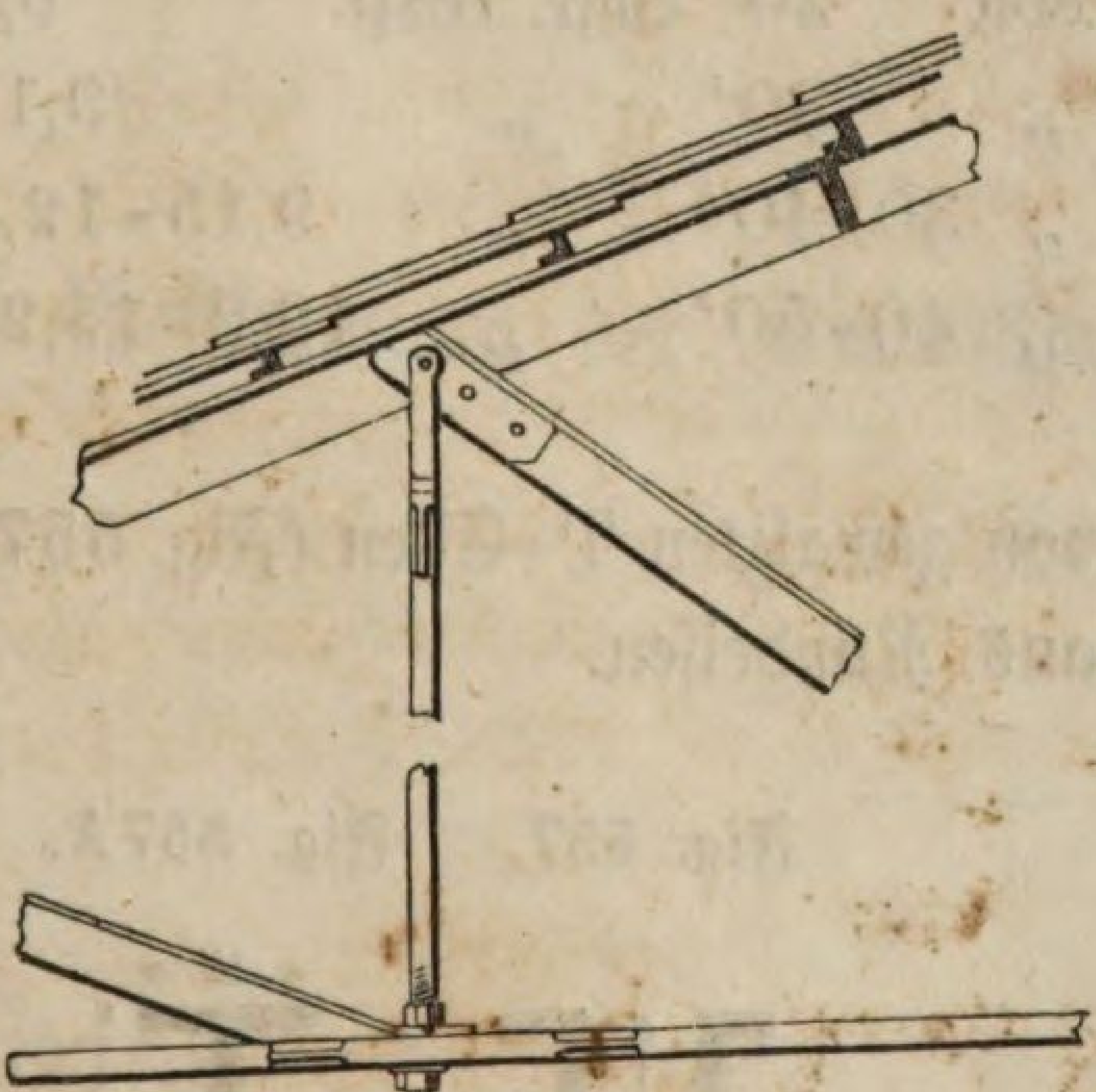


Fig. 554 A.

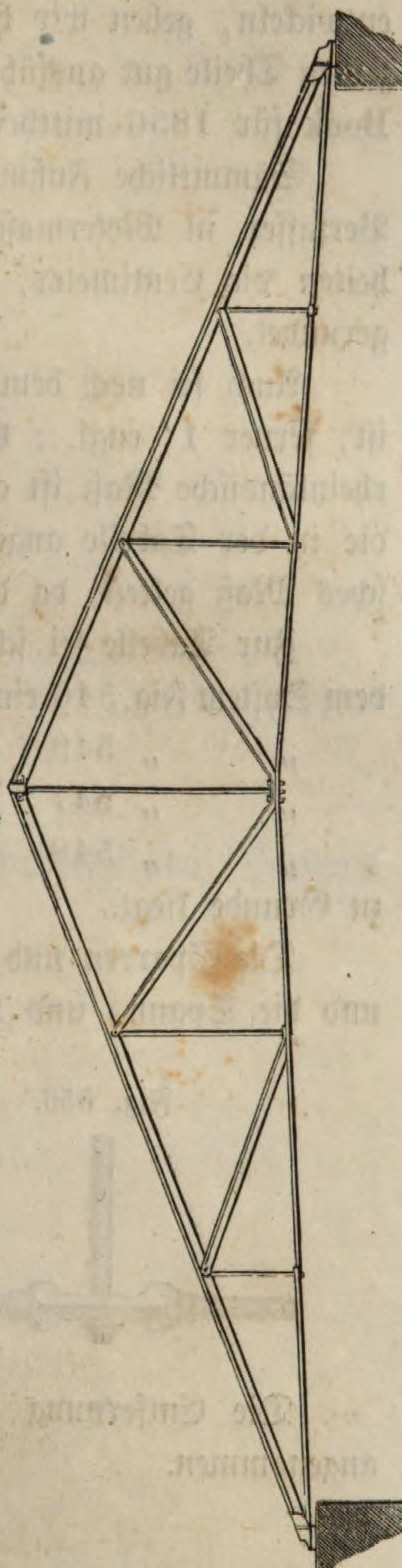
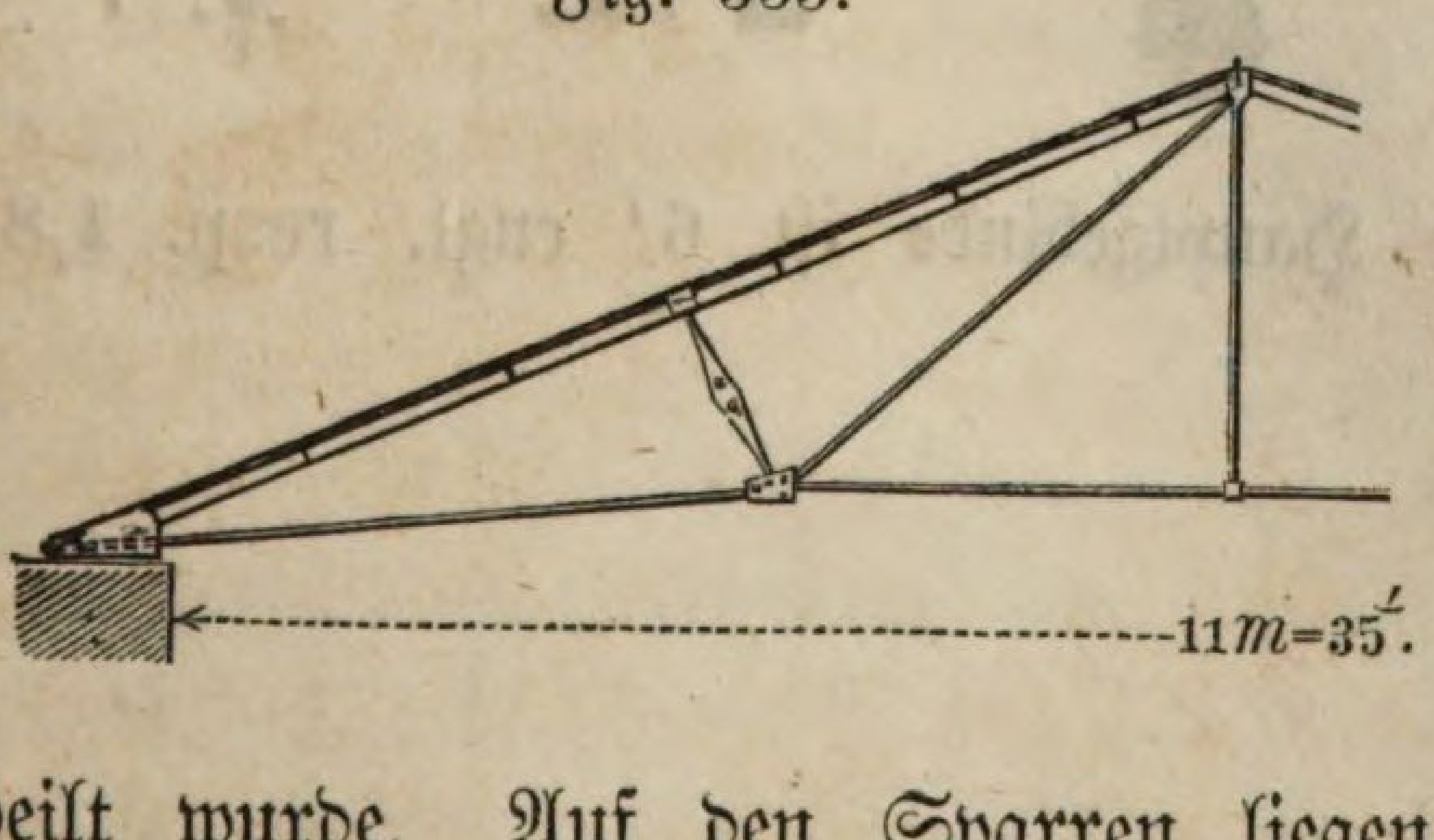


Fig. 555.



getheilt wurde. Auf den Sparren liegen dann die Pfetten in der gezeichneten Weise. — Der Sparren wird bei der Berechnung als frei aufliegend betrachtet und als gleichmäßig belastet angenommen, ferner muß er auf Zerdrücken und Durchbiegen berechnet werden.

Ohne weitere Formeln zur Berechnung der eisernen Dächer zu entwickeln, geben wir hier eine Tabelle über die Dimensionen der einzelnen Theile gut ausführbarer Constructionen, welche Engineer's Pocket-Book für 1856 mittheilt.

Sämmtliche Fußmaße sind englisch, dieselben wurden von dem Verfasser in Metermaß verwandelt und zwar sind bei den Metereinheiten die Centimeter, bei den Centimetereinheiten die Millimeter abgerundet.

Auch sei noch bemerkt, daß 1′ englisch = 0,3048 ^{m}, 1″ = 25,4 ^{mm} ist, ferner 1′ engl. : 1′ rheinländ. = 305 : 314 sich verhält. Das rheinländische Maß ist also etwas größer als das englische, jedoch können die in der Tabelle angegebenen Bruchtheile in Zollen auch für preußisches Maß gelten, da die Unterschiede nur sehr gering sind.

Zur Tabelle sei schließlich noch bemerkt, daß

dem System Fig. 546	eine Spannweite von	20′	engl. resp.	6,1 ^{m}
" " 549	" "	30′	"	9,15 ^{m}
" " 547	" "	30-40′	"	9,15-12,2 ^{m}
" " 548	" "	40-50′	"	12,2-15,25 ^{m}

zu Grunde liegt.

Die Sparren und Streben sind von gewalzten T-Eisen (Fig. 557 A) und die Spann- und Hängestangen aus Rundeisen.

Fig. 556.

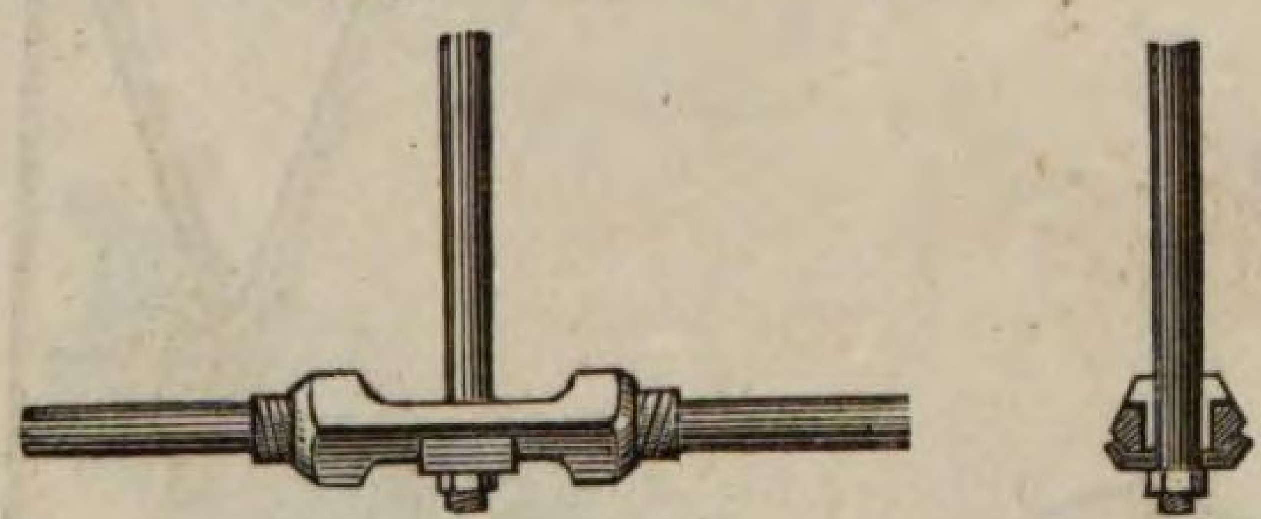
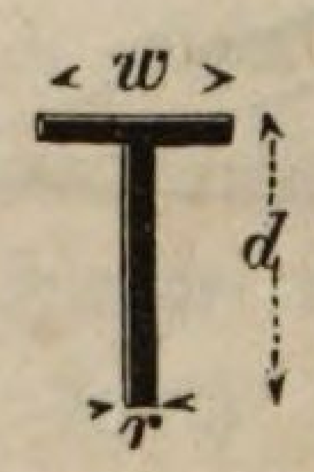


Fig. 557.



Fig. 557 A.



Die Entfernung zweier Hauptgebinde ist 6′ engl. resp. 1,83 ^{m} angenommen.

Tabelle

zur

Bestimmung der Dimensionen von schmiedeeisernen Dächern.

T. Tabelle zur Bestimmung der Dimen

Spannweite 2 G.		Höhe h in der Mitte über der durch das Auflager gehenden Horizontal (Figur 549).		d (siehe Figur 546—549)		Abstand zweier Hängestangen		Dimensionen der Sparren. (siehe Fig. 557 u. 557 A).							
								w		t		d		r	
Fuß engl.	Meter	Fuß engl.	Meter	Zoll engl.	Centimeter.	Fuß engl.	Meter	Zoll.	Centimeter.	Zoll.	Millimeter.	Zoll.	Centimeter.	Zoll.	Millimeter
20	6,1	4′	1,2	6	15,2	5′	1,52	2	5,1	1/4	6,4	2 1/2	6,4	3/8	9,5
21	6,4	4′ 2 1/2″	1,28	6 1/4	15,9	5′ 3″	1,60	2	5,1	1/4	6,4	2 1/2	6,4	3/8	9,5
22	6,7	4′ 5″	1,34	6 5/8	16,8	5′ 6″	1,68	2 1/4	5,7	1/4	6,4	2 3/4	7	3/8	9,5
23	7,0	4′ 7 1/2″	1,41	7	17,8	5′ 9″	1,75	2 1/4	5,7	1/4	6,4	2 3/4	7	3/8	9,5
24	7,3	4′ 9 3/4″	1,47	7 1/4	18,4	6′	1,83	2 1/2	6,4	1/4	6,4	3	7,6	3/8	9,5
25	7,6	5′	1,52	7 1/2	19	6′ 3″	1,9	2 1/2	6,4	1/4	6,4	3	7,6	3/8	9,5
26	7,9	5′ 2 1/2″	1,59	7 3/4	19,7	6′ 6″	2,0	2 1/2	6,4	1/4	6,4	3	7,6	3/8	9,5
27	8,2	5′ 5″	1,67	8	20,3	6′ 9″	2,06	2 1/2	6,4	5/16	7,9	3	7,6	3/8	9,5
28	8,5	5′ 7 1/2″	1,71	8 3/8	21,2	7′	2,13	2 1/2	6,4	5/16	7,9	3	7,6	3/8	9,5
29	8,8	5′ 9 3/4″	1,77	8 3/4	22,2	7′ 3″	2,21	2 1/2	6,4	3/8	9,5	3	7,6	3/8	9,5
30	9,1	6′	1,83	9	22,8	5′	1,52	2 1/2	6,4	3/8	9,5	3	7,6	3/8	9,5
32	9,7	6′ 5″	1,94	9 5/8	24,4	5′ 4″	1,63	2 5/8	6,7	3/8	9,5	3	7,6	7/16	11,1
34	10,4	6′ 9 3/4″	2,08	10 1/4	26	5′ 8″	1,73	2 3/4	7	3/8	9,5	3 1/4	8,3	7/16	11,1
36	11	7′ 2 1/2″	2,20	10 3/4	27	6′	1,83	3	7,6	3/8	9,5	3 1/2	8,9	1/2	12,7
38	11,6	7′ 7 1/4″	2,32	11 1/2	29,1	6′ 4″	1,93	3	7,6	3/8	9,5	3 3/4	9,5	1/2	12,7
40	12,2	8′	2,44	12	30,5	6′ 8″	2,03	3 1/4	8,3	7/16	11,1	4	10,1	1/2	12,7
42	12,8	8′ 5″	2,56	12 1/2	31,7	5′ 3″	1,60	3 1/4	8,3	7/16	11,1	4	10,1	1/2	12,7
44	13,4	8′ 9 3/4″	2,69	13 1/8	33,3	5′ 6″	1,68	3 1/2	8,9	7/16	11,1	4 1/4	10,8	1/2	12,7
46	14	9′ 2 1/2″	2,80	13 3/4	34,9	5′ 9″	1,75	3 1/2	8,9	7/16	11,1	4 1/2	11,4	9/16	14,3
48	14,6	9′ 7 1/4″	2,93	14 1/4	36,2	6′	1,83	3 3/4	9,5	7/16	11,1	4 3/4	12,1	9/16	14,3
50	15,2	10′	3,05	15	38,1	6′ 3″	1,9	3 3/4	9,5	7/16	11,1	4 3/4	12,1	5/8	15,9
55	16,8	11′	3,35	16 1/2	41,9	6′ 10 1/2″	2,09	4 1/2	11,4	1/2	12,7	5 1/4	12,8	3/8	9,5
60	18,3	12′	3,66	18	45,7	7′ 6″	2,29	5	12,2	11/16	17,9	5 3/8	13,1	7/16	11,1

...onen von schmiedeeisernen Dächern.

Dimensionen der Streben. (siehe Fig. 557 A).								Durchmesser									
w		t		d		r		der Spannstange.		der mittleren Hängestange (S)		der 2. Hängestange (S_1).		der 3. Hängestange (S_2).		der 4. Hängestange (S_4).	
Zoll.	Centimeter.	Zoll	Millimeter.	Zoll.	Centimeter	Zoll.	Millimeter.	Zoll.	Millimeter.	Zoll.	Millimeter.	Zoll.	Millimeter.	Zoll.	Millimeter.	Zoll.	Millimeter.
1 1/4	3,2	1/4	6,4	1 1/2	3,8	1/4	6,4	3/4	19,1	5/8	16	1/2	12,7	—	—	—	—
1 1/4	3,2	1/4	6,4	1 1/2	3,8	1/4	6,4	3/4	19,1	5/8	16	1/2	12,7	—	—	—	—
1 1/2	3,8	1/4	6,4	1 3/4	4,5	1/4	6,4	7/8	22,3	3/4	19,1	9/16	14,3	—	—	—	—
1 1/2	3,8	1/4	6,4	1 3/4	4,5	1/4	6,4	7/8	22,3	3/4	19,1	9/16	14,3	—	—	—	—
1 3/4	4,5	1/4	6,4	2	5,1	1/4	6,4	1	25,4	7/8	22,3	5/8	15,9	—	—	—	—
1 3/4	4,5	1/4	6,4	2	5,1	1/4	6,4	1	25,4	7/8	22,3	5/8	15,9	—	—	—	—
1 3/4	4,5	1/4	6,4	2	5,1	1/4	6,4	1	25,4	7/8	22,3	11/16	25,4	—	—	—	—
2	5,1	1/4	6,4	2	5,1	1/4	6,4	1	25,4	7/8	22,3	11/16	25,4	—	—	—	—
2	5,1	1/4	6,4	2	5,1	5/16	7,9	1 1/8	29	7/8	22,3	3/4	19,1	—	—	—	—
2	5,1	1/4	6,4	2 1/4	5,7	5/16	7,9	1 1/8	29	7/8	22,3	3/4	19,1	—	—	—	—
1 3/4	4,5	1/4	6,4	2	5,1	5/16	7,9	1 1/8	29	7/8	22,3	5/8	15,9	1/2	12,7	—	—
1 3/4	4,5	1/4	6,4	2 1/4	5,7	3/8	9,5	1 1/8	29	7/8	22,3	5/8	15,9	1/2	12,7	—	—
2 1/8	5,4	1/4	6,4	2 1/2	6,4	3/8	9,5	1 1/8	29	7/8	22,3	5/8	15,9	1/2	12,7	—	—
2 1/4	5,7	1/4	6,4	2 3/4	7	3/8	9,5	1 1/8	29	7/8	22,3	5/8	15,9	1/2	12,7	—	—
2 3/8	6,0	5/16	8	2 3/4	7	3/8	9,5	1 1/4	32	1	25,4	3/4	19,1	5/8	16	—	—
2 1/2	6,4	5/16	8	3	7,6	7/16	11,1	1 1/4	32	1	25,4	3/4	19,1	5/8	16	5/8	15,9
2 1/4	5,7	1/4	6,4	2 3/4	7	7/16	11,1	1 3/8	35	1 1/8	29	7/8	22,3	3/4	19,1	5/8	15,9
2 3/8	6,0	5/16	8	3	7,6	7/16	11,1	1 3/8	35	1 1/8	29	7/8	22,3	3/4	19,1	5/8	15,9
2 3/8	6,0	5/16	8	3	7,6	7/16	11,1	1 1/2	38	1 1/4	32	1	25,4	7/8	22,3	3/4	19,1
2 3/8	6,0	5/16	8	3	7,6	7/16	11,1	1 1/2	38	1 1/4	32	1	25,4	7/8	22,3	3/4	19,1
2 1/2	6,4	3/8	9,5	3	7,6	7/16	11,1	1 1/2	38	1 1/4	32	1	25,4	7/8	22,3	3/4	19,1
2 3/4	7	3/8	9,5	3 1/4	8,3	9/16	14,3	1 5/8	41,3	1 1/4	32	1	25,4	7/8	22,3	3/4	19,1
2 3/4	7	7/16	11,1	3 1/2	8,9	11/16	17,9	1 3/4	44,5	1 3/8	35	1 1/8	29	1	25,4	7/8	22,3

Halle, Buchdruckerei des Waisenhauses.

V. Abtheilung.

Die Construction der Treppen.

Der Hauptzweck, welcher bei der Anlage der Treppen erreicht werden soll, ist der, eine Verbindung zwischen den übereinanderliegenden Räumen eines Gebäudes zu schaffen.

Im Allgemeinen sind für die Anlage der Treppen folgende Punkte zu berücksichtigen:

1. sie dürfen die Verbindung der inneren Räume nicht stören;
2. von dem Haupteingange dürfen sie nicht weit entfernt liegen, und müssen
3. so angebracht werden, daß sie dem Eintretenden sofort in's Auge fallen;
4. der Aufgang zur Treppe muß so angebracht werden, daß man beim Eintritt in das Haus nicht erst um dieselbe herumgehen muß, um zu ihr zu gelangen;
5. die Treppe muß genügend breit sein;
6. jederzeit müssen die Treppen zu den verschiedenen Etagen übereinander liegen, so daß der Treppenraum oder das Treppenhaus gleichmäßig durch alle Stockwerke geht;
7. in der Ecke müssen gewundene Stufen möglichst vermieden und an deren Stelle Eck-Podeste angeordnet werden;
8. sind gewundene Stufen unvermeidlich, so muß die Spindel einen hinreichenden Durchmesser erhalten, damit der Auftritt in deren Nähe nicht zu unbequem werde;
9. lange grade Steigungen müssen durch Podeste unterbrochen werden, denn die ununterbrochene Steigung ohne solche Ruhepunkte ermüdet; man giebt einer solchen ununterbrochenen Steigung nicht gern über 17 bis 18 Stufen;
10. genügende Beleuchtung der Treppe ist unbedingt erforderlich und muß dieser Punkt beim Entwerfen des Grundrisses gehörig beachtet werden;

11. soll ein Treppenabsatz eine schickliche Form erhalten, so muß er mindestens drei Stufen haben;

12. die wichtigste und unerläßlichste Bedingung bei Anlage der Treppen besteht darin, daß sämmtliche Stufen ein und derselben Treppe durchaus von gleicher Höhe und Breite sind. Dieses gilt nicht nur von den Stufen eines einzelnen Treppenarmes, sondern von sämmtlichen Stufen aller Arme, die zu einer Haupttreppe vereinigt sind. Die geringste derartige Verschiedenheit würde beim Besteigen merkliche Unbequemlichkeiten verursachen.

Bei jeder Treppe unterscheidet man Auftritt und Steigung, von beiden hängt die Anlage der Treppe ab; die Ermittelung eines richtigen, den Umständen entsprechenden Verhältnisses zwischen beiden ist daher für den Techniker von großer Wichtigkeit.

Die Erfahrung lehrt, daß der erwachsene Mensch auf horizontalem Boden ohne Anstrengung $^2/_3{}^m$ (2′) weit ausschreitet. Schreitet man also auf einem 8^m (24′) langem Brette, so würde man 12 Schritte gebrauchen, um über dasselbe hinwegzugehen. Legte man das Brett aber an dem einen Ende um $^2/_3{}^m$ höher, als auf dem andern, so würde man zum Passiren desselben 13 Schritte nöthig haben, jeder derselben beträgt dann aber in der Horizontalprojection nicht $^2/_3{}^m$ sondern nur 62^{cm}. Liegt nun das Brett an einem Ende 3^m höher als an dem anderen, so würden 18 Schritte erforderlich sein, um von einem Ende zum anderen zu gelangen, jeder derselben würde in der Ebene $^1/_3{}^m$ betragen, gleichzeitig würde man aber bei demselben $0{,}16^m$ steigen, ohne durch die Steigung, wenn die unbequeme Lage des Fußes nicht in Rechnung kommt, sehr angestrengt zu sein.

Hiernach kann also die Breite einer Stufe mit $^1/_3{}^m$ und ihre Höhe auf 16^{cm} angenommen werden, woraus erfahrungsmäßig die bequemsten Treppen entstehen. Da aber der Raum, in dem eine Treppe erbaut werden soll, nicht immer die Annahme dieses Verhältnisses gestattet, so muß man, um dem Auftritt seine volle Breite zu geben, allemal, wenn der Steigung 1^{cm} zugegeben wird, dem Auftritt 2^{cm} abnehmen. Hätte also die Höhe einer Stufe $17^{cm} = 16 + 1$, so muß die Breite derselben nur 31^{cm} (33—2) betragen; beträgt die Höhe hingegen $15 = 16 - 1^{cm}$, so muß der entsprechende Auftritt $(33 + 2) = 35^{cm}$ angenommen werden. Da diese Art der Berechnung sehr unbequem ist, so beobachtet man wenigstens nachfolgende Regeln, die dasselbe Resultat ergeben.

1. Um die Breite der Stufen zu ermitteln, subtrahire man die doppelte Höhe derselben von $^2/_3{}^m = 66^{cm}$ ($2' = 24''$), alsdann gieb dem Rest die nöthige Breite;

Die Höhe betrage also 16^{cm} ($6''$), so ist die Breite =

$$66 - (2 \cdot 16) = 34^{cm},$$
$$\text{oder } 24 - (2 \cdot 6) = 12''.$$

2. Um die Höhe und Breite der Stufen zu finden, dividire man die angegebene Höhe durch 500, so ist der Quotient die verlangte Breite.

Es sei z. B. die Höhe einer Stufe 16^{cm} so ist

$$\text{die Breite } \frac{500}{16} = 31^1/_2{}^{cm}.$$

Nach diesen Regeln erhält man zwischen Steigung und Auftritt folgende in Zahlen ausgedrückte Verhältnisse:

Steigung.		Auftritt.
13^{cm} ($5''$)	:	37^{cm} ($14''$).
14^{cm} ($5^1/_2{}''$)	:	35^{cm} ($13''$).
16^{cm} ($6''$)	:	31^{cm} ($12''$).
17^{cm} ($6^1/_2{}''$)	:	29^{cm} ($11''$).
18^{cm} ($7''$)	:	27^{cm} ($10''$).
20^{cm} ($7^1/_2{}''$)	:	23^{cm} ($9''$).
21^{cm} ($8''$)	:	21^{cm} ($8''$).

Je nach dem Zwecke einer Treppe wird ihre Breite und die Steigung ihrer Stufen gewählt.

Die Treppen in öffentlichen und besseren bürgerlichen Gebäuden erhalten 14—16^{cm} ($5^1/_2$—$6''$) Steigung und $1^1/_2$—3^m (5—$10''$) Breite; in gewöhnlichen bürgerlichen Häusern 16—17^{cm} (6—$6^1/_2{}''$) Steigung und $1^1/_4$—$1^1/_2{}^m$ ($5'$) Breite. Keller- und Bodentreppen haben 19—21^{cm} ($7^1/_2$—$8''$) Steigung und 1^m ($3'$) Breite.

Je nach der Lage der Treppe hat man äußere und innere zu unterscheiden, zu den äußeren gehören die Freitreppen, zu den letzteren Haupt-, Neben-, Keller- und Bodentreppen.

In der Form unterscheidet man gerade, gewundene, gebrochene, mehrflüglige, Wendel- und vermischte Treppen.

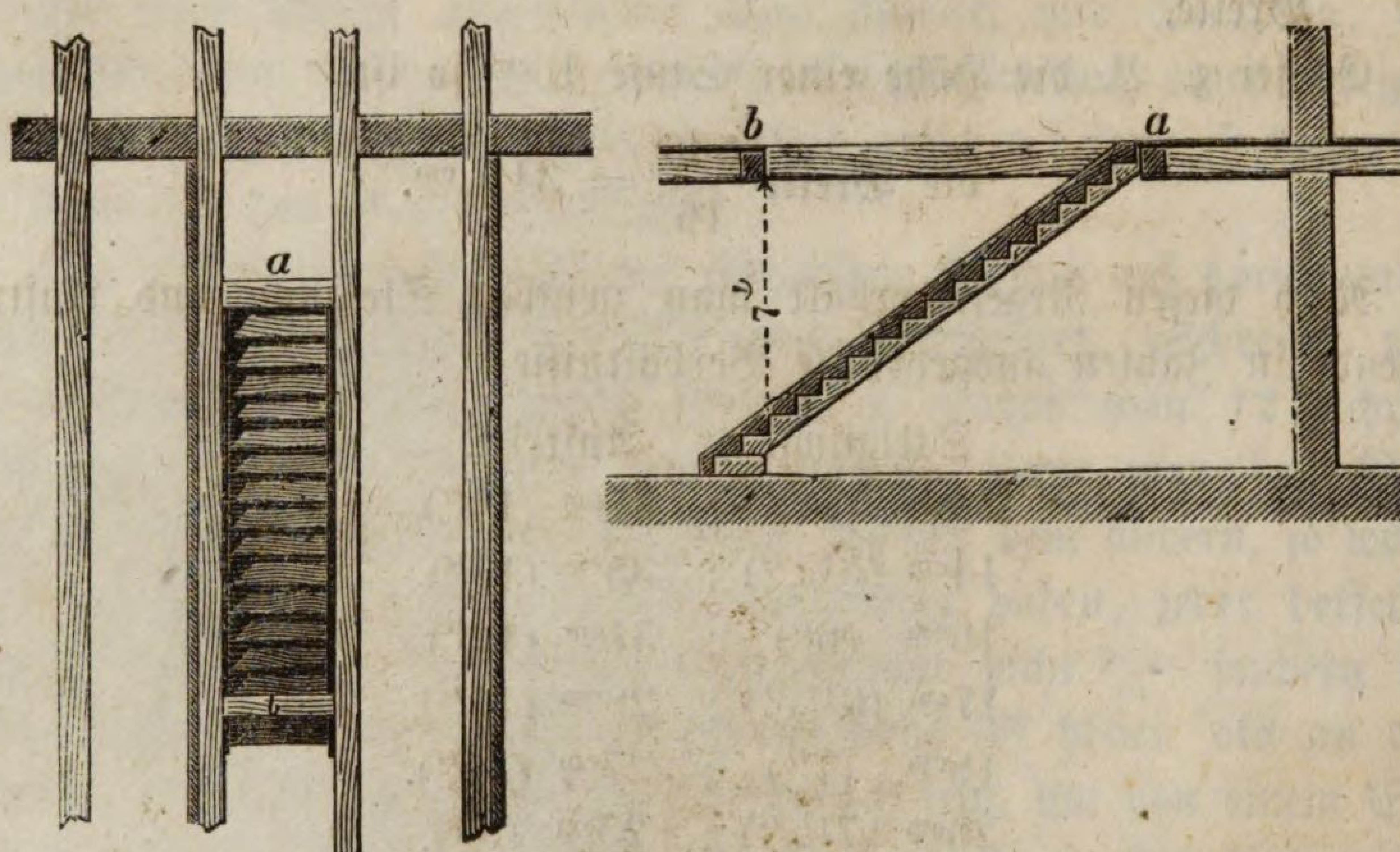
Das Baumaterial zu den Treppen liefert der Stein, als Sand-, Bruch- und Backstein, Holz, Schmiede- und Gußeisen.

Die Treppen aus Holz.

Zum größten Theile werden sie aus Tannenholz gefertigt, für größere und reichere Treppen bedient man sich des Eichenholzes, welches, besonders mit Oel getränkt, ein sehr schönes Ansehen erhält.

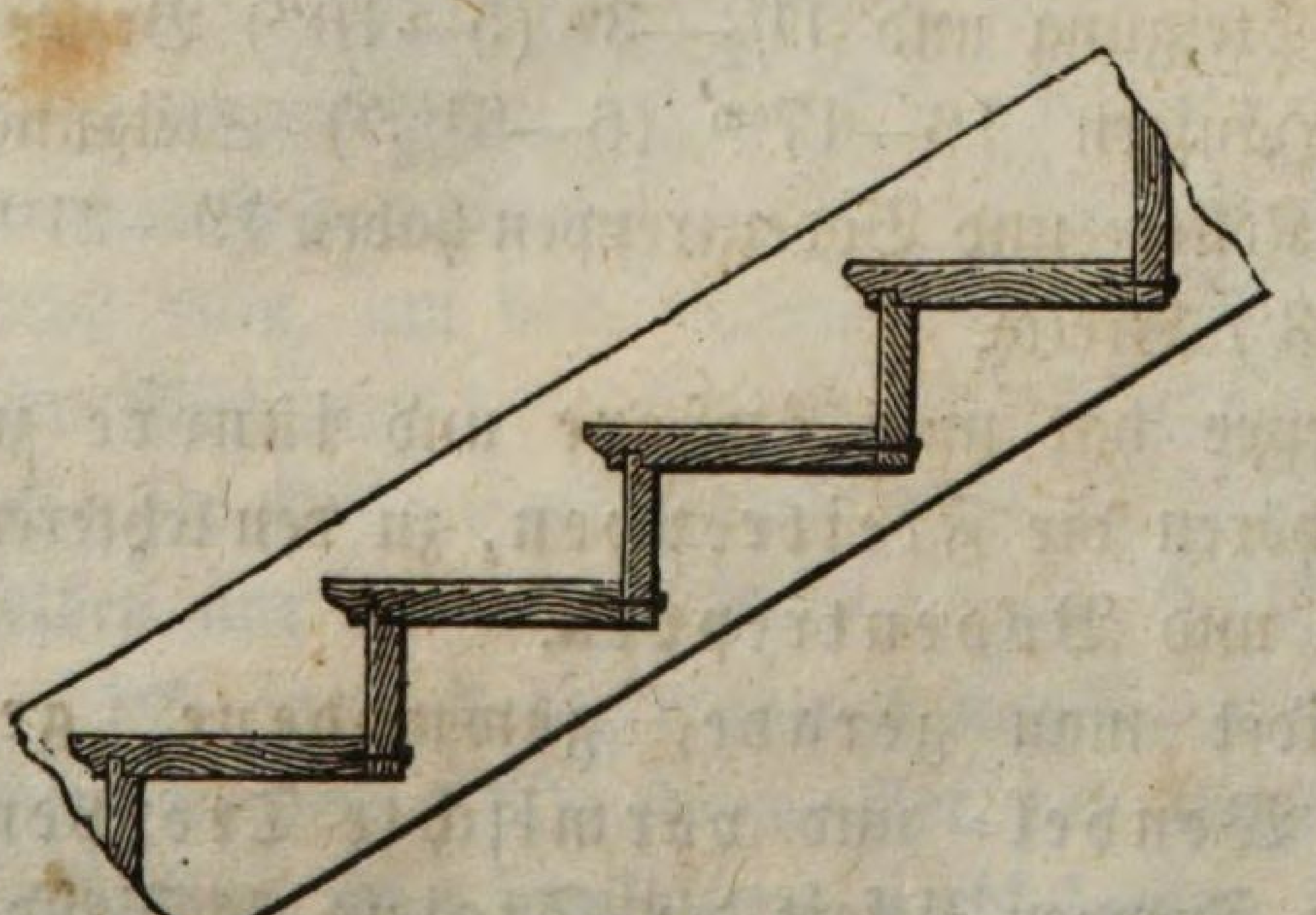
Die einfachste Construction haben die Keller- und Bodentreppen (Fig. 559). Dieselben sind meistens gerade und nehmen ihre Eingangs-

Fig. 559.



öffnung zwischen 2 Balken. Meistens erhalten sie keine Futterlatten, sondern die Trittstufen werden in 8—10^{cm} (3—4″) starke Wangen eingelegt. Oberhalb legen sich die Wangen gegen einen Wechsel (a), auf den sich gleichzeitig die Austrittsstufe, welche in der Regel schon durch den Fußboden gebildet wird, befindet.

Fig. 560.



Bei besseren Ausführungen giebt man den Bodentreppen ebenfalls Futterbretter. Fig. 560 zeigt den Durchschnitt durch eine solche Treppe, deren Futterbretter und Trittstufen in

die Wangen eingelegt sind. Am zweckmäßigsten werden die Futterbretter mittelst einer Nuthe in die Unterfläche der Trittstufen eingelassen, hingegen oberhalb nur stumpf gegen dieselbe genagelt. Es geschieht dies bei sämmtlichen Treppen, welche unterhalb verschalt, berohrt und geputzt werden; bleibt die Unterfläche aber sichtbar, so wird diese abgehobelt und die Kanten der Futterbretter werden profilirt, wie Fig. 561 B und C zeigt. Hierbei ist m der Auftritt, xy und x'y' die Steigung.

Fig. 561 B und C.

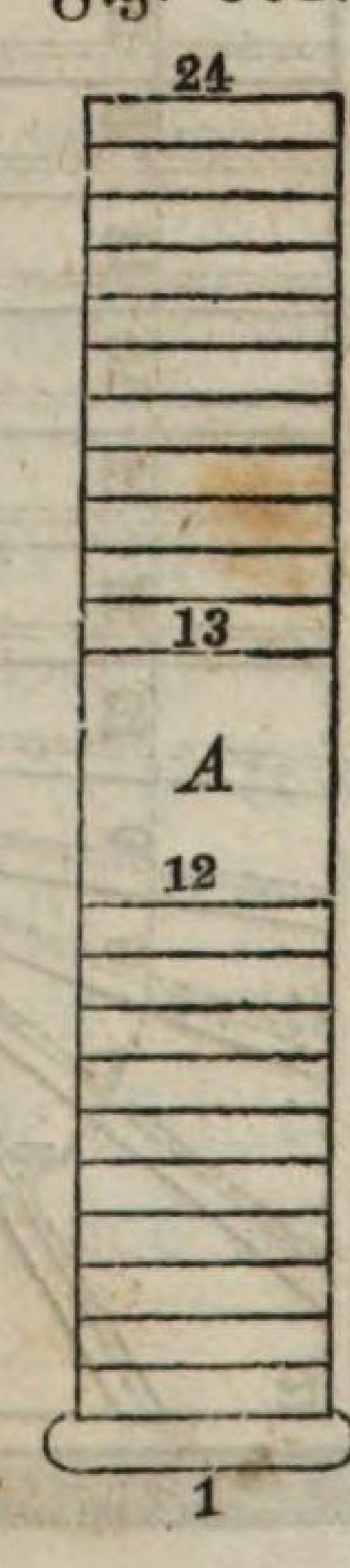


Auf die Oeffnung, welche die Treppe in der Decke des höheren Stockwerkes erfordert, ist besondere Rücksicht zu nehmen, diese muß so beschaffen sein, daß man beim Auf- und Niedergehen mit dem Kopfe nicht etwa an die begrenzenden Balken oder Wechsel stößt. Obwohl für die gewöhnliche Größe eines Menschen nicht über 1,90^{m} (6') anzunehmen ist, wird man doch gut thun, die Höhe bis auf 2,2 bis 2,5^{m} (7—7$^{1}/_{2}$') im Minimo zu wählen

Ist nun der Balken mit der Deckenschalung und dem Fußboden 34^{cm} (13") so muß die Stufe, welche unter dem die Oeffnung begrenzenden Balken liegt, 2,2 resp 2,5^{m} (7—7$^{1}/_{2}$') plus 34^{cm} (13") also 2,54^{m} (8'1") bis 2,84^{m} (8'7") unter der obersten Stufe liegen.

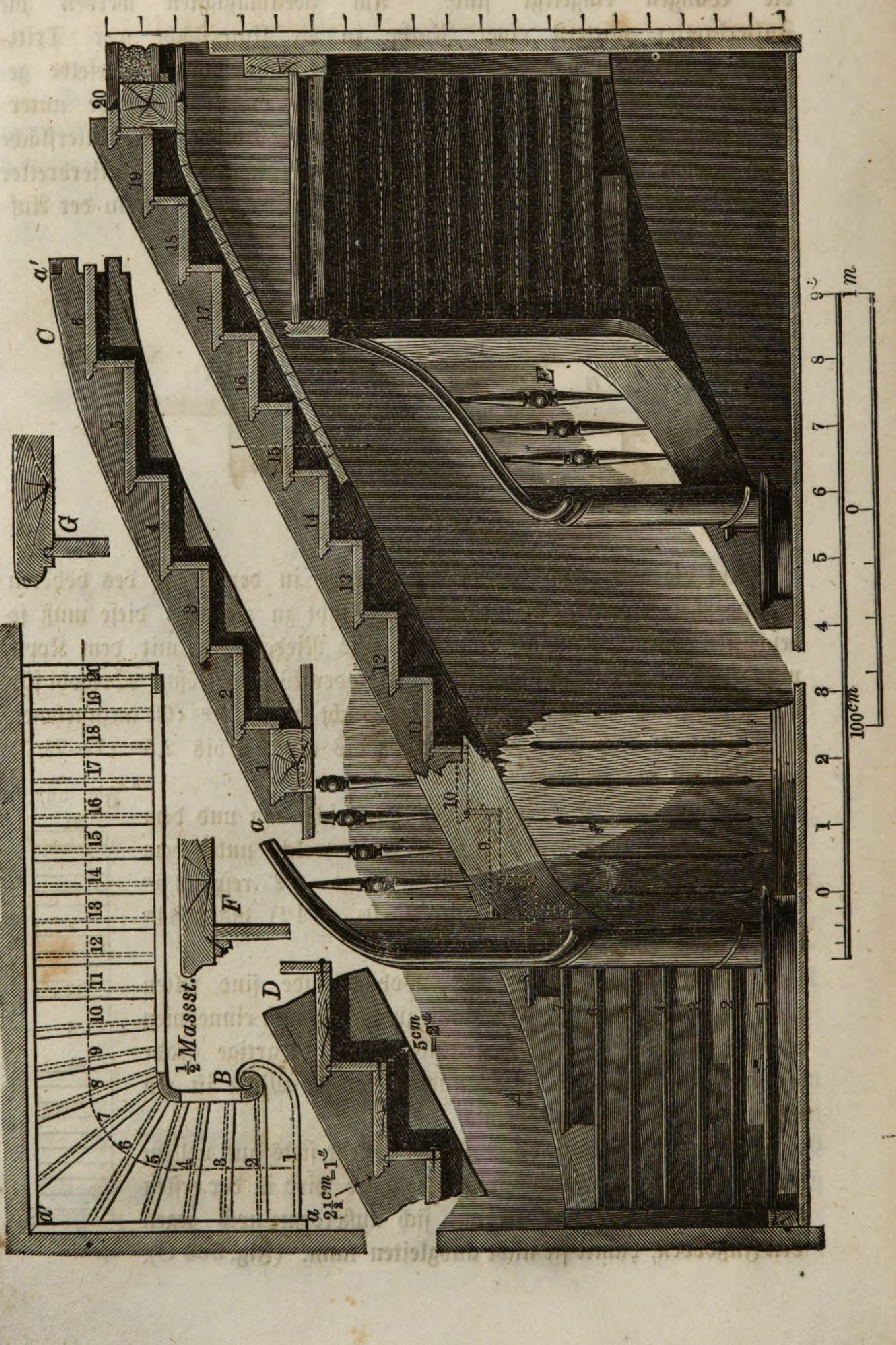
Die Haupttreppen der Wohngebäude sind selten ganz grade, da sie in diesem Falle zu viel Raum einnehmen und beschwerlich zu besteigen sind. Eine derartige grade Treppe zeigt Fig. 562 im Grundriß, in der Mitte ist ein Ruheplatz (Podest) angebracht.

Fig. 562.



Die unterste Stufe einer Treppe besteht stets aus vollem Holze, einer sogenannten Blockstufe; diese wird in der ersten Etage noch fundirt und stemmt sich außerdem noch gegen den Fußboden, damit sie nicht ausgleiten kann. (Fig. 563 C).

Fig. 563



Das freie Ende der Blockstufe wird abgerundet und trägt die Treppenspindel. Die Trittstufen werden aus 5,—6 cm ($2\frac{1}{2}''$) starken tannenen oder eichenen Bohlen gefertigt, die Futterbretter hingegen werden aus nur $2\frac{1}{2}$ cm ($1''$) starken Brettern gemacht.

Sind die Treppen nicht zu groß, so werden die Wangen aus 9 cm ($3\frac{1}{2}''$) starken Bohlen angenommen, welche so breit sind, daß sie über den Stufen noch 5 cm ($2''$) und unter denselben noch $2\frac{1}{3}$ cm ($1''$) vorstehen. (Fig. 560).

Der Fuß der Wangen steht mit einer Klaue auf der untersten Blockstufe und wird in diese 3 cm ($1\frac{1}{2}''$) tief eingelassen. Oberhalb wird die Wange stumpf gegen den Balken oder Wechsel gestoßen. Die oberste Stufe wird nur in einer Breite von 15 cm ($6''$) ausgeführt. (Fig. 563 A).

In bürgerlichen Gebäuden legt man in der Regel die Treppen in die Ecken, woourch Windungen entstehen.

In Fig. 563 A—C ist die einfach gebrochene oder gewundene Treppe dargestellt. Die ganze Etage ist zu 3,2 m ($10'$) angenommen, ferner soll die Steigung 16 cm ($6''$) betragen, so daß dann der Auftritt 32 cm ($12''$) mißt und im Ganzen 20 Steigungen entstehen. Die Treppe nimmt demnach einen Grundraum von 6,40 m, in einer Breite von 1,10 m ($3\frac{1}{2}$) ein.

Beträgt jedoch die ganze Etagenhöhe nicht grade 3,2 m sondern 3,3 m, so muß man, wenn 20 Steigungen beibehalten werden sollen, das Uebermaß von 0,1 m auf sämmtliche 20 Stufen gleichmäßig vertheilen und die Steigung $\left(16 + \frac{10}{20}\right)$ cm hoch machen. Will man 21 Steigungen annehmen, dann wird jede Steigung $\left(\frac{3,3}{21}\right)$ cm messen.

Bei den *gewundenen* Treppen muß die Stufenbreite ebenso groß in den Windungen wie bei den graden Stufen sein. Zu diesem Zwecke nehme man die gleiche Theilung der Stufen auf der Mitte der Treppe vor, wodurch sich die Anzahl der Stufen findet, welche in die Windungen zu liegen kommt. Die Stufe, welche sich in dem Winkel befindet, in Fig. 563 die sechste, muß stets so gelegt werden, daß ihre Vorderkante nie grade in den Winkel hineinläuft, sondern es muß die nöthige Zusammensetzung der einzelnen Wangenstücke in die Mitte der Stufe fallen, damit diese Stufe die zusammengezinkte Wange an der Wand halte.

Da die Zusammenzinkung im Winkel die ganze Last der Treppe zu

tragen hat, so müssen die Wangen bei der fünften und siebenten Stufe noch durch Mauerhaken unterstützt werden. Aus dem Grundriß (Fig 563 B im halben Maßstab gezeichnet) und der Höhe der Stufen ergiebt sich die Form und Länge der Wangenstücke, indem die Wangen überall gleichviel (5 cm oder 2") über die Stufe und unter derselben ($2^1/_2$ cm) vorstehen müssen. Auch der Handgriff, welcher stets gleichlaufend mit den Wangen sein muß, erhält hiernach seine Biegungen. Fig. 563 C giebt die kurze Wange, welche sich auf die Blockstufe aufklaut; oberhalb zeigt die Wange die Zinken.

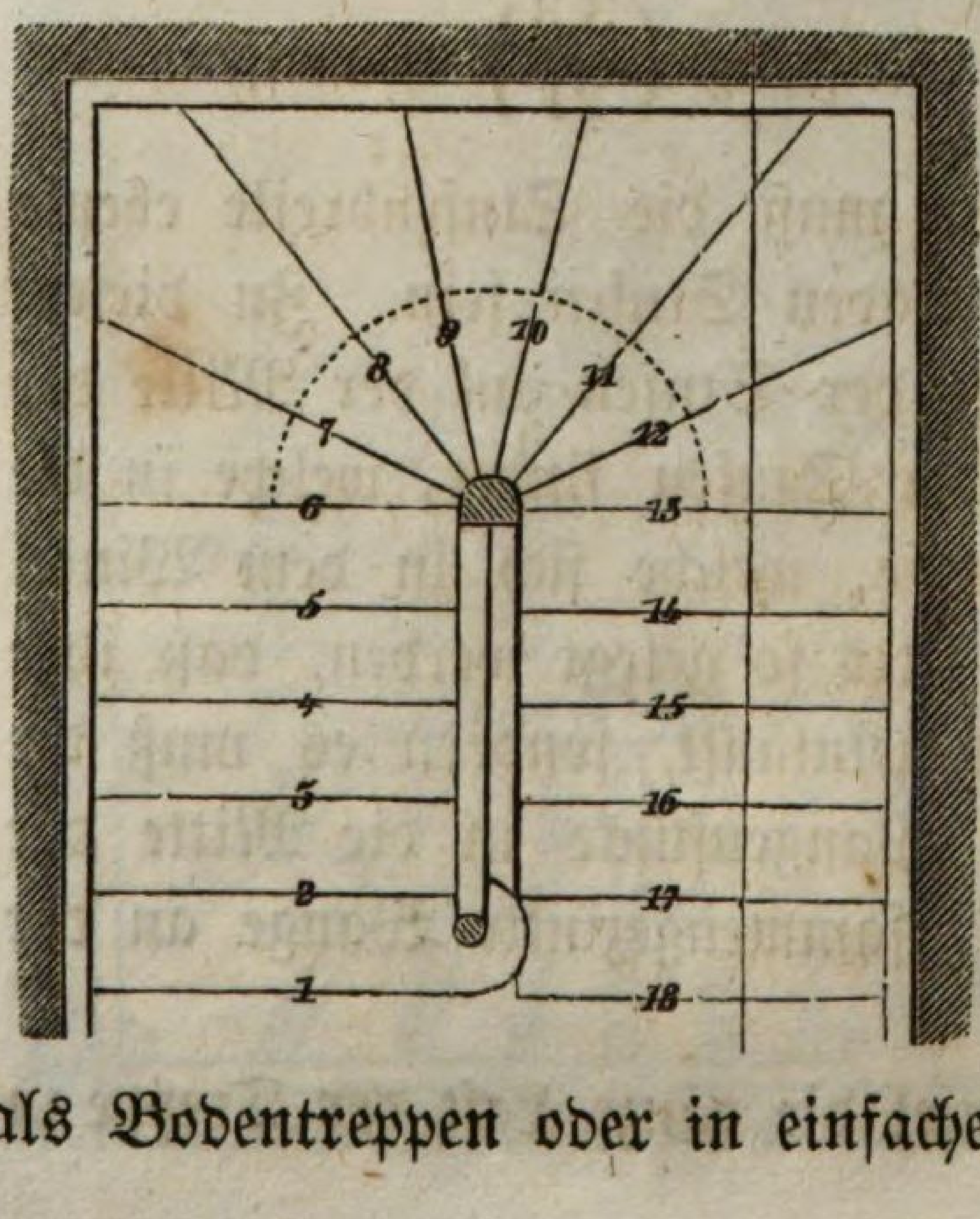
Die beiden äußeren Wangen sind nicht mit einander verzinkt, sondern in einen Krümmling eingezapft. Derselbe hat die Höhe des Handgeländers, und verbindet in dieser Weise dasselbe mit der Wange.

Fig. 563 A zeigt die Treppe in der Ansicht, woraus die Construction der Stufen ꝛc. zu ersehen ist. Die Stufe 20 ist nur 15—21 cm (6—8") breit, gegen dieselbe stößt mit einer Nuthe der Fußboden. Die ganze Treppe kann schließlich unterhalb noch verschaalt, gerohrt, und geputzt werden. Liegt unter dieser Trepp der Kellereingang, so wird die Treppe an der Außenseite senkrecht verschaalt, und die Fugen zwischen den Brettern können mit Leisten verdeckt werden.

Die halbgewundenen Treppen.

Häufig ist der Treppenraum so knapp bemessen, daß anstatt der viertel Windung eine halbe gemacht werden muß, wodurch alsdann 2 Läufe parallel neben einander, von Wänden eingeschlossen, liegen. Ein derartiger Fall ist in Figur 564 A, B und C veranschaulicht.

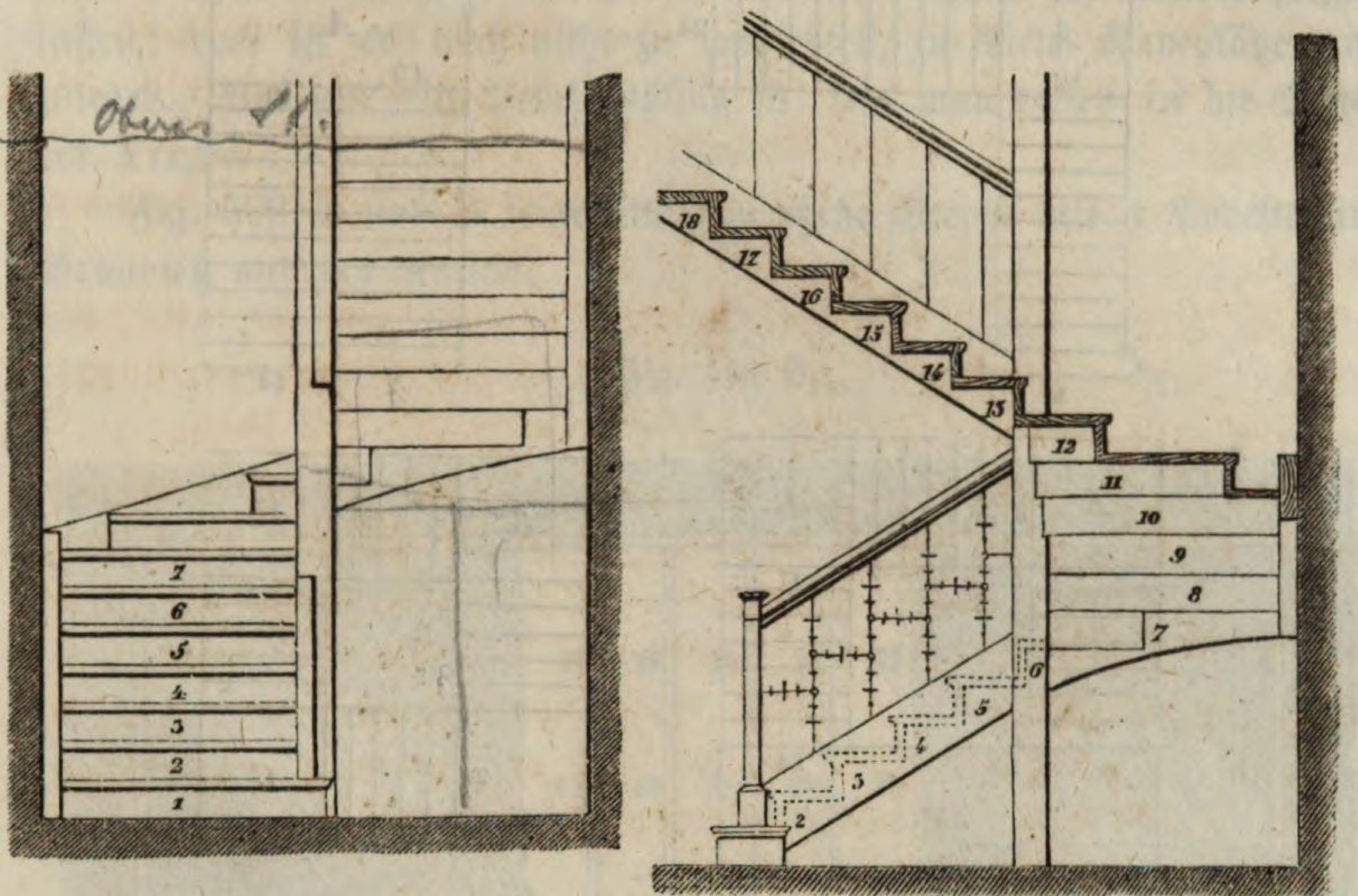
Fig. 564 A.



Damit die einzelnen Arme möglichst wenig Platz einnehmen, ist ein einfacher Ständer als Spindel aufgestellt, in welche die Wangen mit Zapfen eingreifen. Die Stufen sind ebenfalls in die Spindel eingelassen. Diese Treppen sind ziemlich unbequem beim Besteigen, werden aber besonders als Bodentreppen oder in einfachen Häusern ausgeführt, da sie wenig

Platz einnehmen. Die äußeren Wangen liegen direct an der Mauer und greifen mit Zinken an einander.

Fig. 564 B und C.



Aus Fig. 564 A ist im Grundriß zu ersehen, wie die Eintheilung für die Auftrittbreite gemacht wird.

Die gebrochenen Treppen.

Vom Antritt bis zum Austritt liegen dieselben in keiner graden Richtung, sondern breiten sich nach verschiedenen Richtungen aus und haben dabei einen oder mehrere Ruheplätze. Der Theil einer gebrochenen Treppe vom Antritt bis zum Podest, oder von einem Ruhepunkte bis zum andern heißt ein Treppenarm.

Man bedient sich der gebrochenen Treppen auf verschiedene Art, je nachdem es die Art oder die innere Einrichtung des Gebäudes oder sonstige Umstände erfordern. Fig. 565 bis 568 zeigen zwei, drei und vierarmige Treppen, die Podeste sind mit A, B, C bezeichnet.

Sehr wichtig ist es den Treppen in gehöriger Entfernung Ruheplätze oder Podeste (breitere Stufen) zu geben. Bei graden kurzen Treppen kann man sie zwar entbehren, bei gebrochenen sind sie unbedingt nöthig. Am besten werden sie in den Windungen und zwar in

Form eines Quadrats angelegt, stets erhalten sie die ganze Breite der Treppe.

Fig. 565—568.

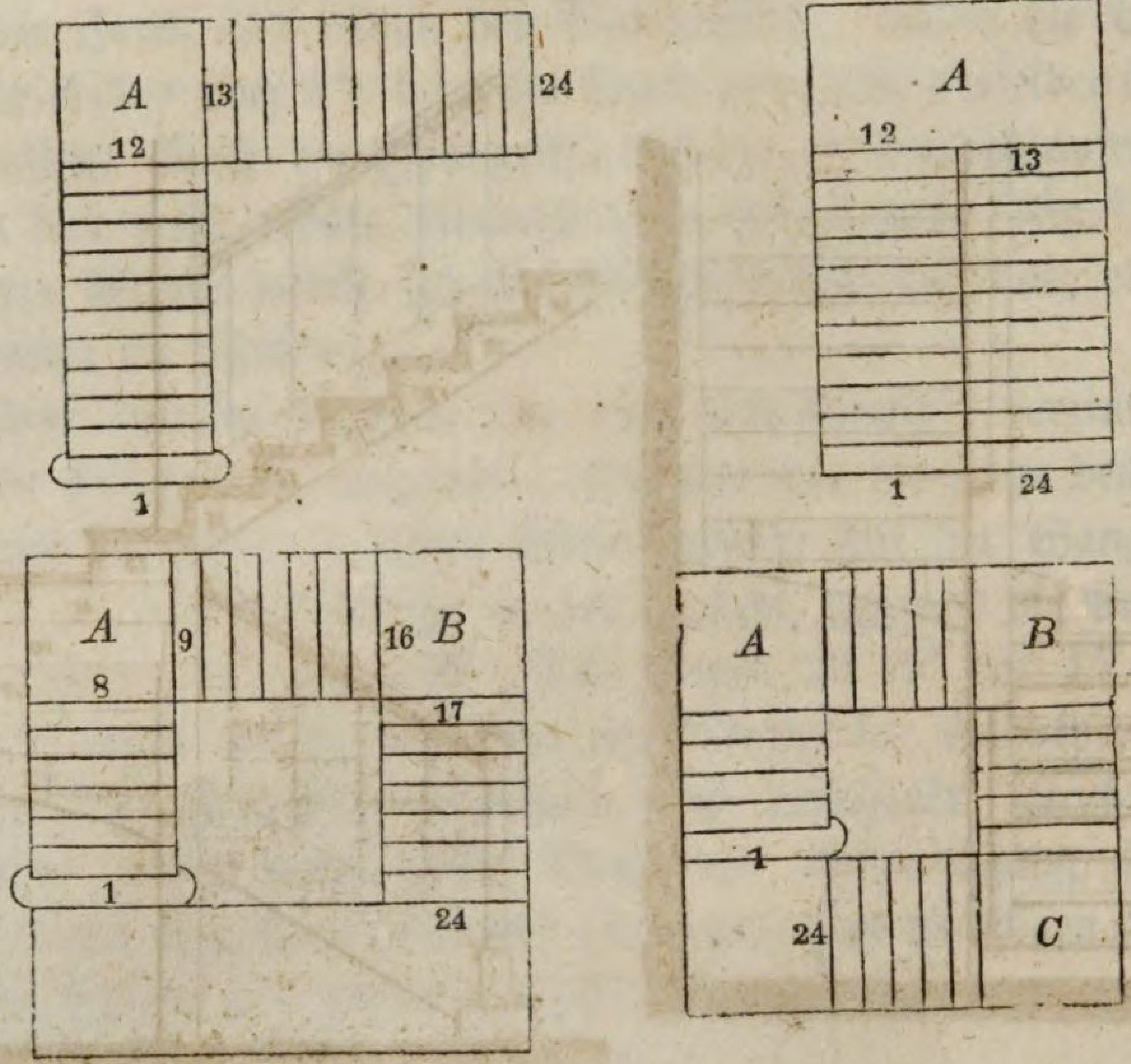
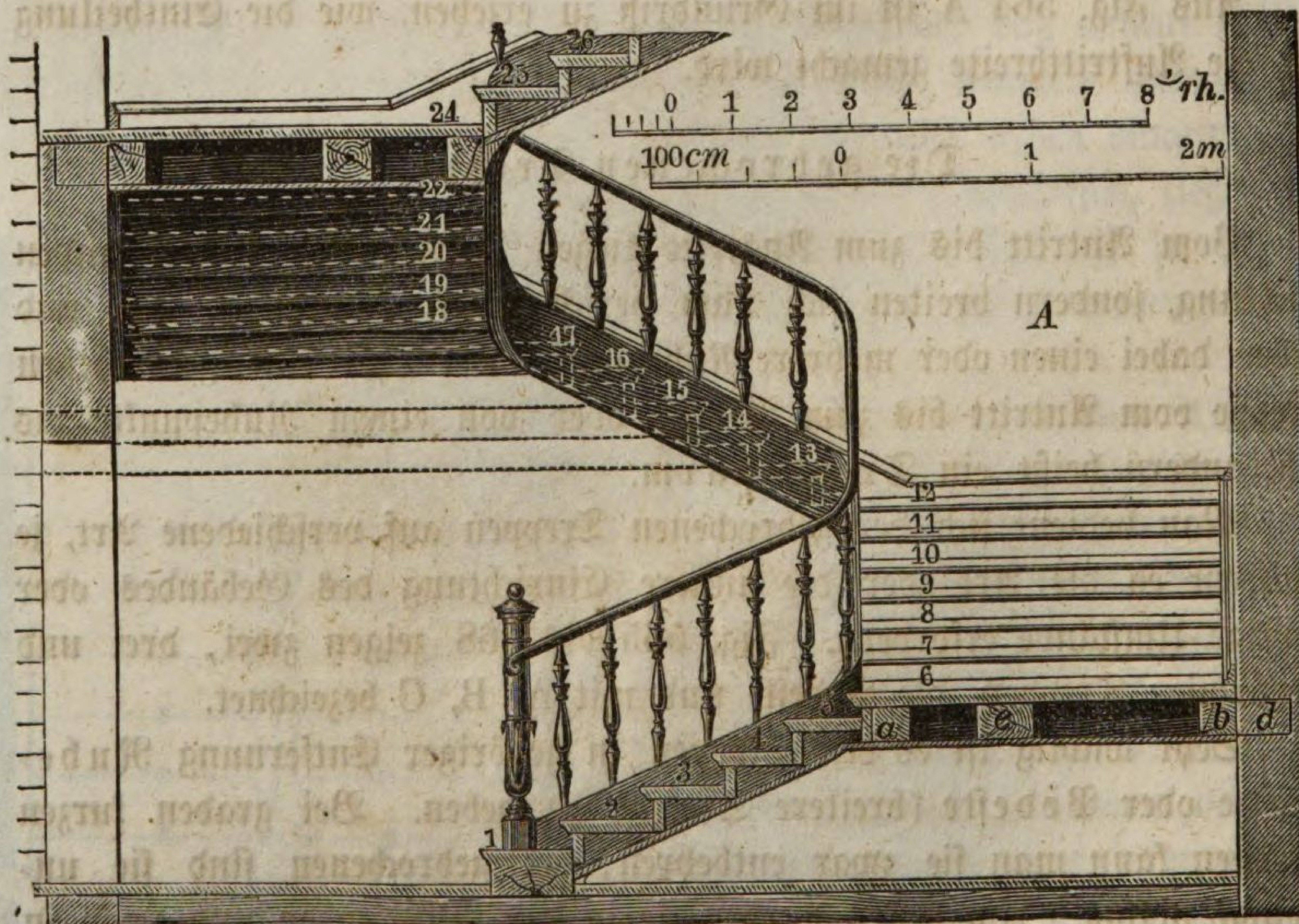


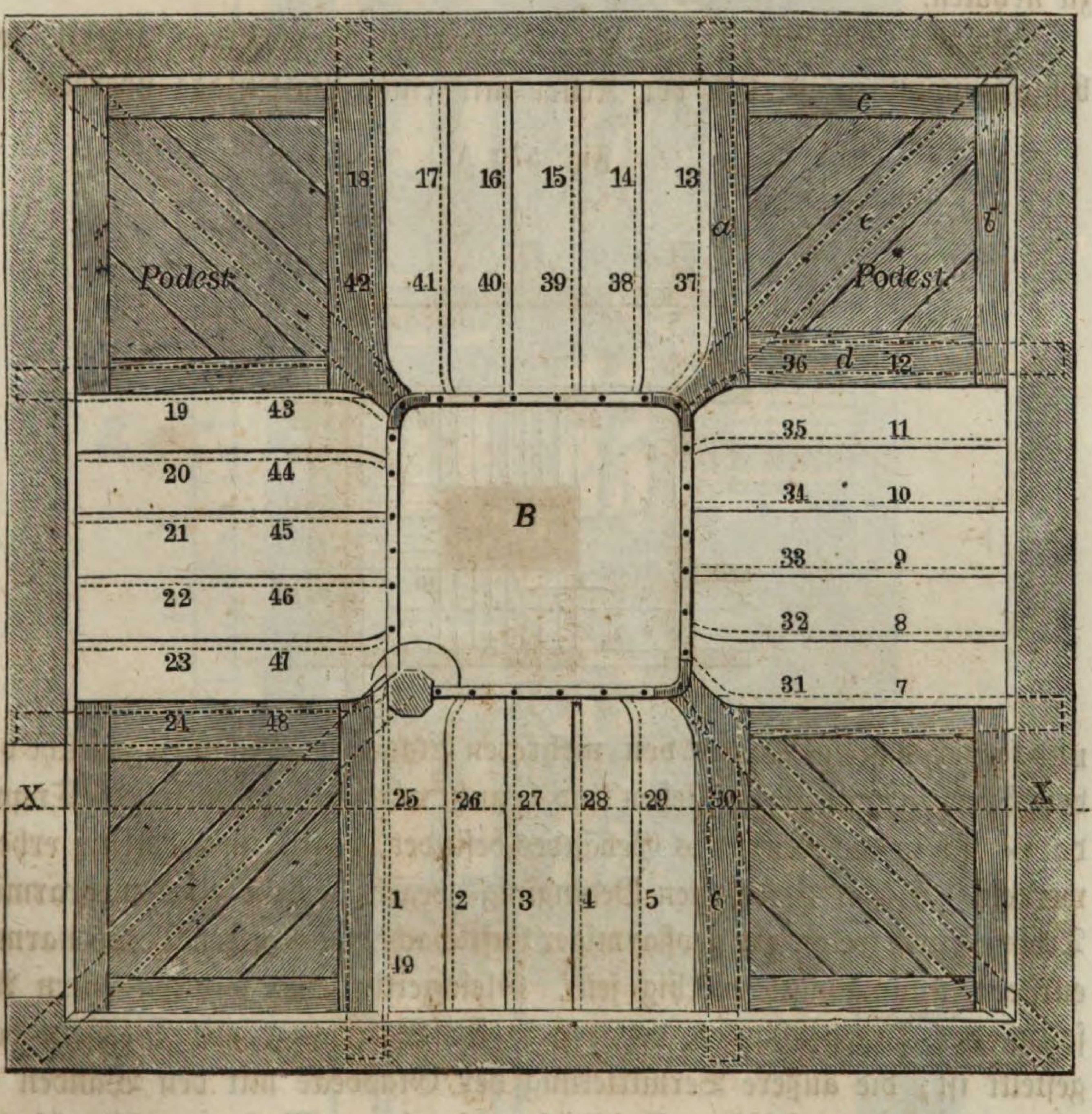
Fig. 569 A.



Da die Podeste viel Raum wegnehmen, so pflegt man, wo dieser zu beschränkt ist, anstatt der Podeste in den Ecken gewundene Stufen anzubringen. Erlaubt aber der Raum die Anlage der Podeste, so darf man höchstens nur 16—18 Stufen ununterbrochen aufeinander folgen lassen; doch ist es auch nicht zu empfehlen, zu viele Ruheplätze anzulegen. Wo nur ein Podest nöthig ist, legt man dieses in die Mitte der Treppe.

Fig. 569 A und B zeigt eine gebrochene Treppe mit 4 Podesten im Grundriß und der Ansicht.

Fig. 569 B.



Die einzelnen Wangen sind gerade und werden mit Krümmlingen verbunden, damit die Stufen den Krümmling nicht zu sehr schwächen, werden sie an den Enden der Wange etwas einwärts geschwungen.

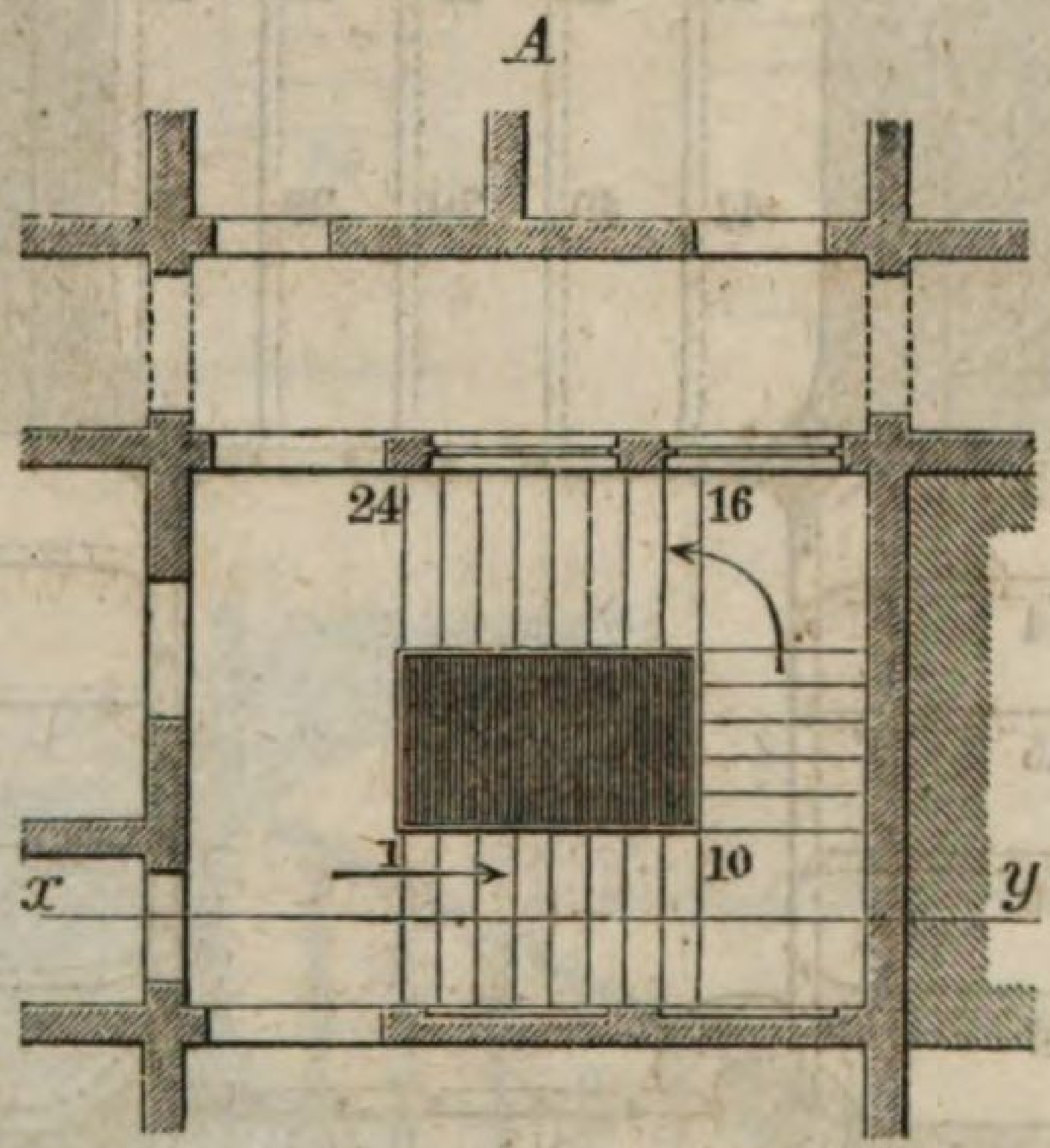
Die Podeste erhalten Riegel zur Unterstützung, und zwar so, daß ein Stichriegel am Krümmling befestigt wird und die andern beiden Riegel auf dem Stichriegel ruhen.

Die hier angenommene Treppe habe eine Breite von $1^1/_2{}^m$ (5′) eine Steigung von 16^{cm} (6″) und einen Auftritt von 32^{cm} (12″); zu letzterem kommen dann noch 4^{cm} ($1^1/_2$″) für den Vorsprung.

Diese Treppe wird zum größten Theile dort Anwendung finden, wo die Etagenhöhen sehr von einander abweichen, oder wo man die Eingänge zu den Etagen nach verschiedenen Richtungen legen will. Sind also die Höhen der Etagen verschieden, so wird es besser sein, diese Treppenform zu wählen, als die Steigungen der oberen Etagen höher zu nehmen.

In Fig. 570 AB ist noch eine vollständige Treppenlage gezeigt, wobei angenommen ist, daß der Keller mit einer Balkenlage überdeckt sei

Fig. 570 A.



und ferner, daß die Treppe von mehreren Etagen übereinander, welche von dem Treppenraum abzuschließen sind, benutzt wird und endlich soll die Treppe, da sie sich in der Mitte des Gebäudes befindet, durch ein Oberlicht erhellt werden. Schon der letzten Bedingung wegen, würde eine mehrarmige Treppe, durch welche ein großarmiger Luftschacht zwischen den Treppenarmen entsteht, unumgänglich nöthig sein. Gleichzeitig sehen wir den obern Abschluß des Treppenhauses, der durch eine Balkenlage mit Wechseln hergestellt ist; die äußere Vermittelung der Glasdecke mit den Wänden ist hier mit einer verschalten Hohlkehle, die einem Muldengewölbe ähnlich ist, hergestellt. Das Dach über diesem Oberlicht muß mit Glas abgedeckt werden.

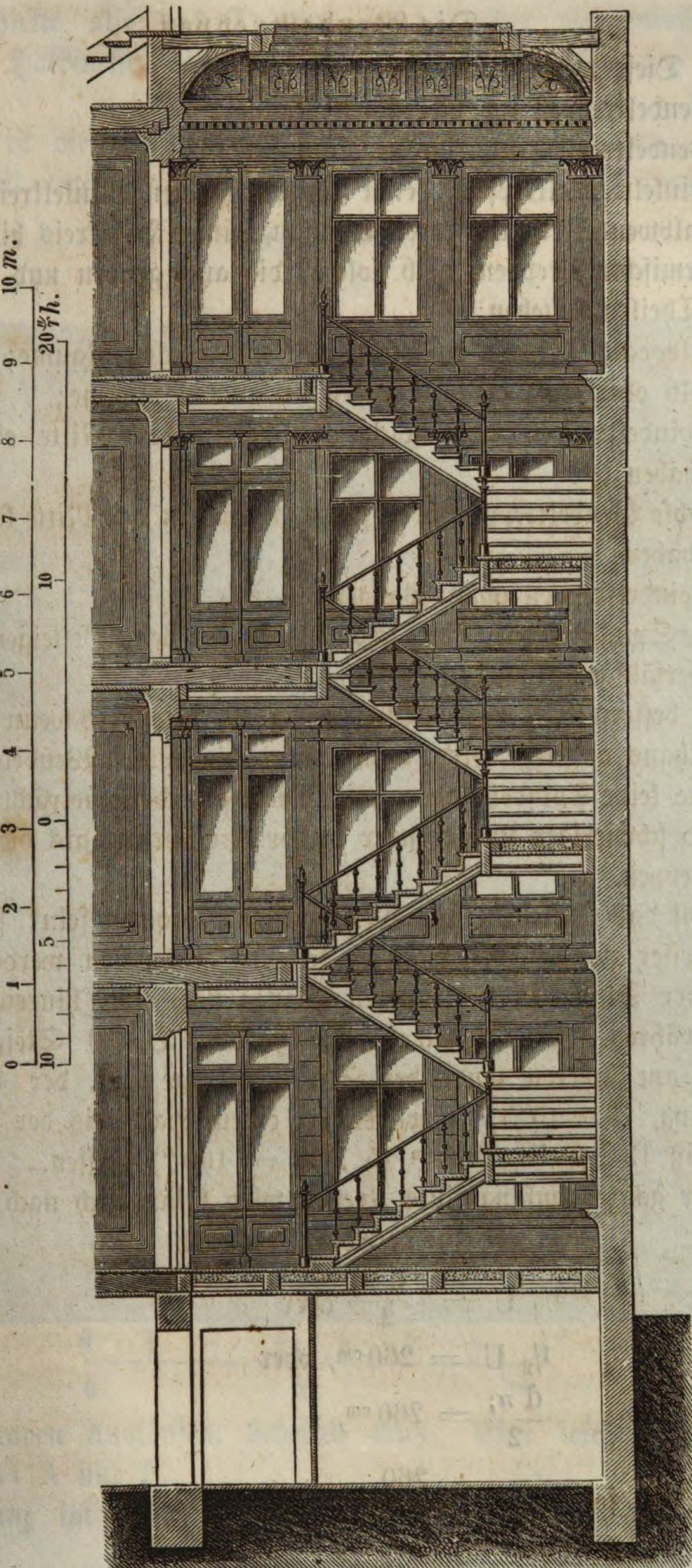


Fig. 570 B

Die Wendeltreppen.

Diese werden eingetheilt in;

a. Wendeltreppen im viereckigen Raume;
b. Wendeltreppen im runden Raume
c. Winkelwendeltreppen, deren Wendung einen Winkelkreis bildet
d. Halbwendeltreppen, deren Windung einen Halbkreis bildet;
e vermischte Treppen, d. h. solche, die aus graden und gewendelten Theilen bestehen;
f. halbovale Treppen im viereckigen und ovalen Raume;
g. halb oder ganz ovale Treppen im ovalen Raume;
h. Spindeltreppen oder solche, welche in der Mitte eine Spindel haben;
i. hohle Wendeltreppen oder solche, welche in der Mitte keine Spindel haben;
k. Spindeltreppen ohne Wangen.

Die Spindeltreppen sind schon unbequem beim Besteigen und haben ein schwerfälliges Aussehen.

In bessern bürgerlichen Wohngebäuden, besonders wenn ein hübsches Treppenhaus angelegt wird, wendet man die hohlen Wendeltreppen, also solche, die keine Spindel haben, an. Diese erfordern beträchtlichen Raum und sind schwieriger und theurer in der Ausführung als die gebrochenen Podesttreppen.

Soll das Besteigen der Wendeltreppen bequem sein, so muß der Durchmesser zwischen den Wangen so groß genommen werden, daß die Enden der Stufen in der inneren Wange noch einen hinreichenden Auftritt gewähren. Eine Wendeltreppe habe z. B. 20 Steigungen, der Auftritt am äußeren Ende der Stufen betrage excl. der 4^{cm} ($1\frac{1}{2}''$) Vorsprung, 13^{cm} ($5''$), so würde bei einem Halbkreis der Umfang im Grundriß $13 . 20 = 260^{cm}$ ($5 . 20 = 100''$) messen.

Der ganze Umfang eines Kreises wird bekanntlich nach der Formel

$U = d\,\pi$ berechnet, demnach

$$\frac{1}{2}\,U = \frac{d\,\pi,}{2} \text{ oder}$$

$$\frac{1}{2}\,U = 260^{cm}, \text{ oder}$$

$$\frac{d\,\pi,}{2} = 260^{cm},$$

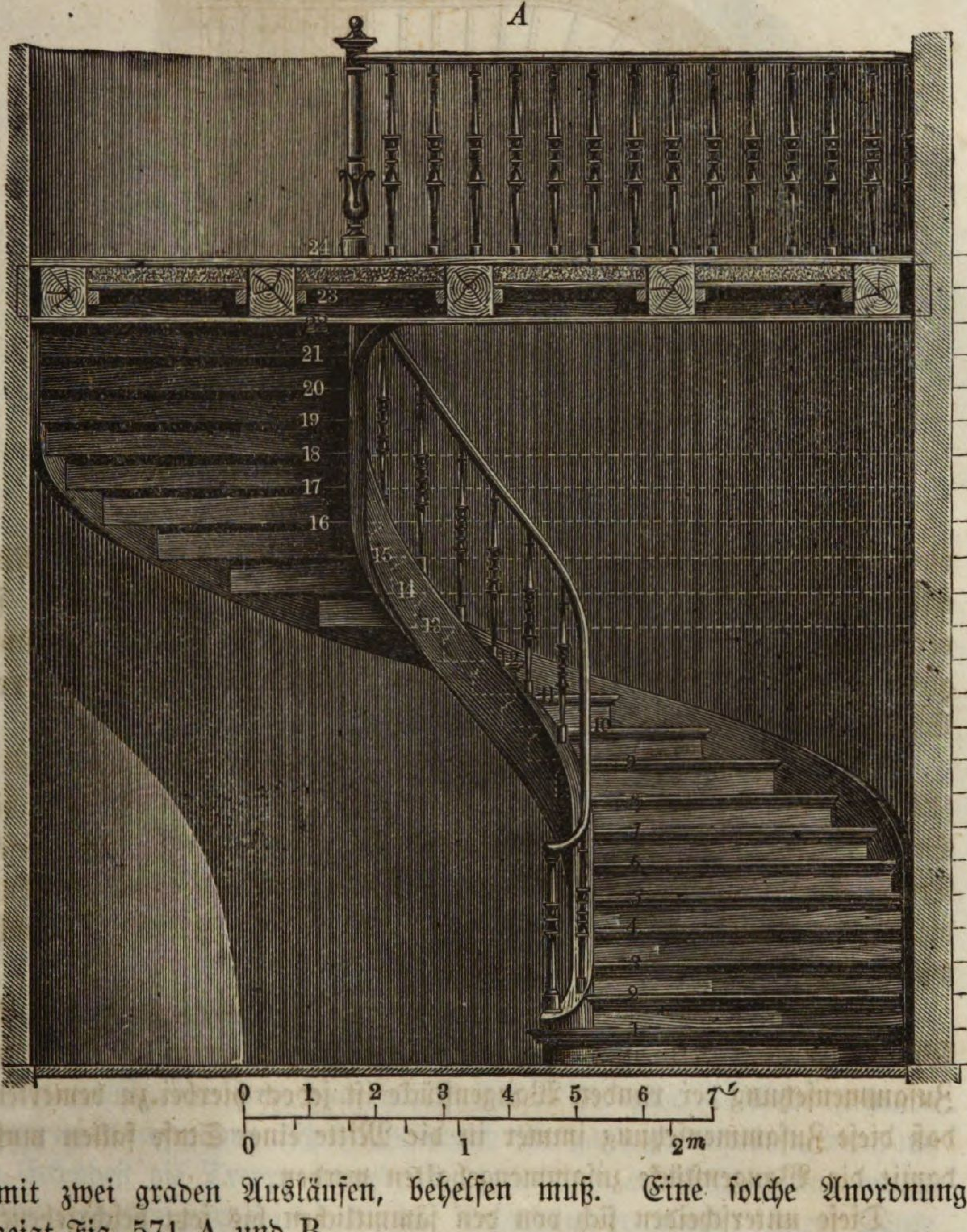
$$\text{folglich } d = \frac{260\ .}{3{,}14} = \text{ca. } 1{,}67^{m}$$

hiernach erhielte also das Treppenhaus bei einer Stufenbreite von $1\frac{1}{2}^{m}$, einen Halbmesser von

$$1\frac{1}{2} \cdot 2 + 1{,}66^{m} = 4{,}66^{m}.$$

Häufig ist dieser Raum für die Treppe nicht disponibel, so daß man sich mit einer im Halbkreis gewendelten Treppe, in Verbindung

Fig. 571 A.

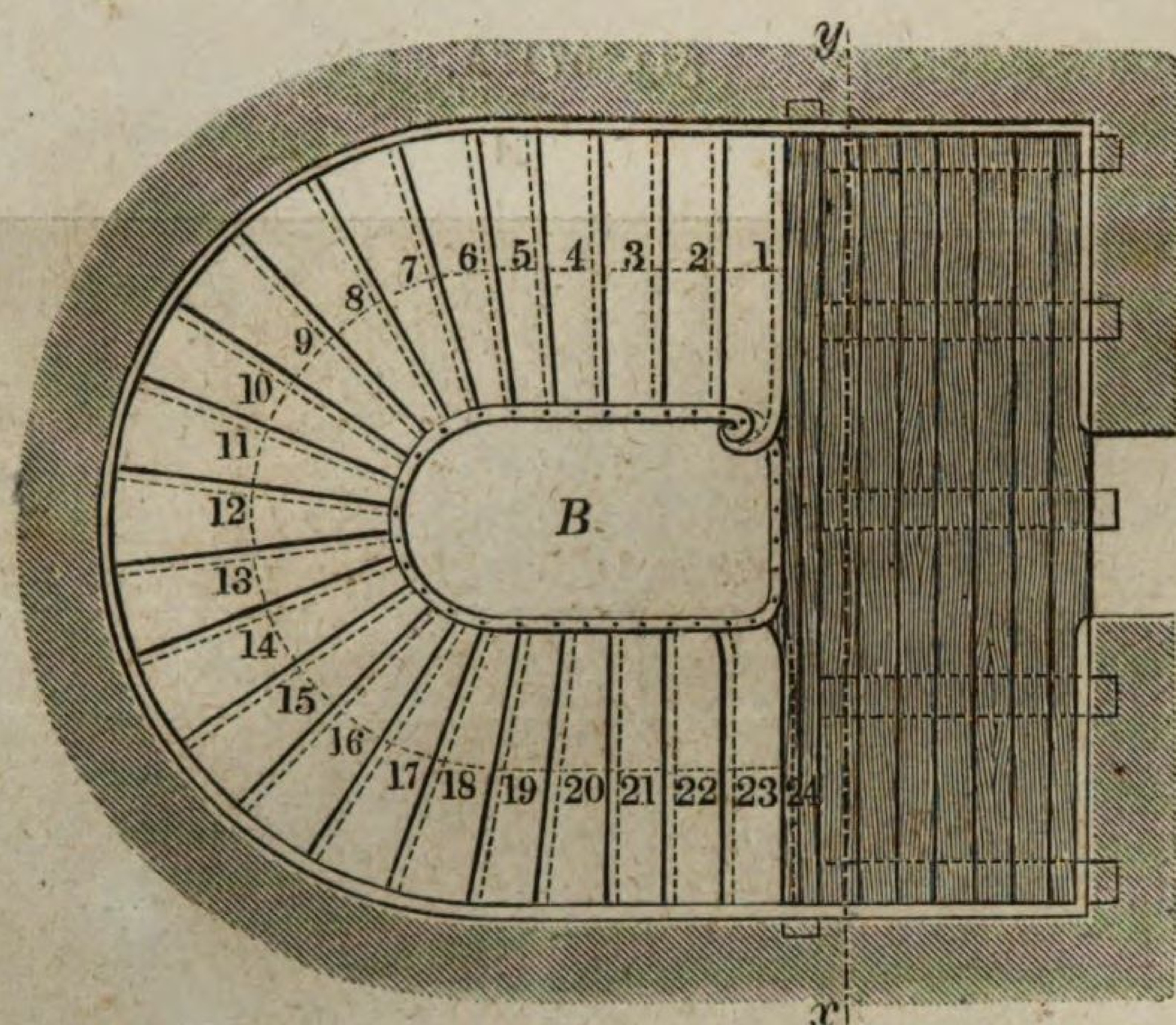


mit zwei graden Ausläufen, behelfen muß. Eine solche Anordnung zeigt Fig. 571 A und B.

Bei ganz im Halbkreise gewendelten Treppen liegen sämmtliche

Stufen radial, d. h. sie liegen alle nach der Richtung des Mittelpunktes des Halbkreises. Bei der vorliegend gezeichneten Treppe ist

Fig. 571 B.



dies aber nicht der Fall, die Entfernungen der Stufe sind in den Mittellinien festgehalten und alsdann die Vorderkanten der Stufen so verschoben, das sämmtliche Enden an der inneren Wange möglichst gleich werden. Durch dieses Verschieben entstehen an den Enden der Stufen größere Auftritte.

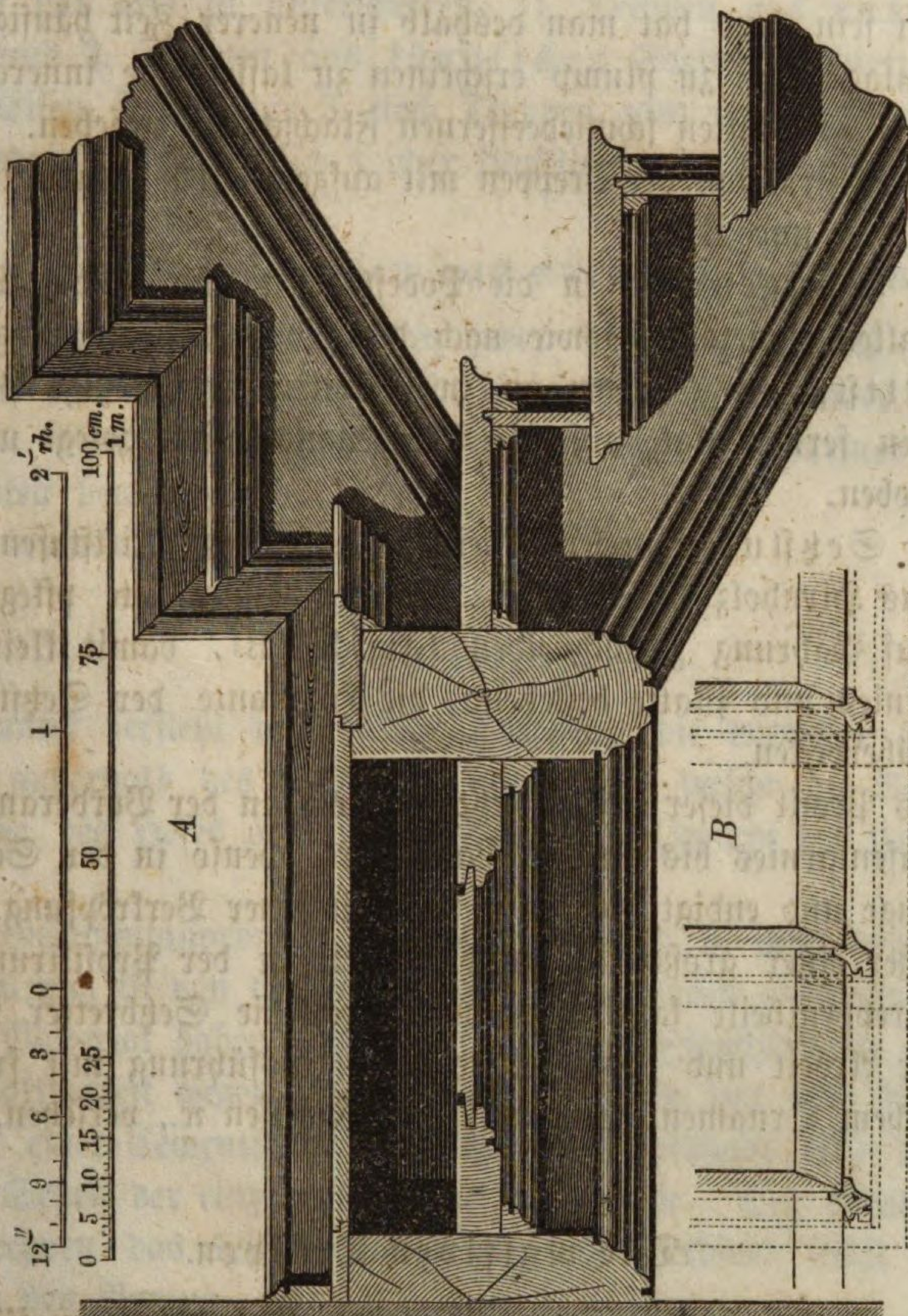
Die hier angenommene Treppe hat eine ganze Höhe von 3,60 m (12′) bei 24 Steigungen. Die Breite beträgt 1, 40 m (4′ 5″), die Steigung 15 cm bei einer Stufenbreite von 30 cm (12″). Um dieser Treppe eine ziemlich gleiche Richtung zu geben, sind, wie schon erwähnt, die graden Theile, als 1, 2, 3, 4, 5 und 19, 29, 21, 22, 23, 24, nicht winkelrecht gegen die Wangen gerichtet.

Wie schon gesagt, muß man beachten, daß die Vorderkante der im Winkel liegenden Stufen nicht grade in den Winkel gehen soll; bei der Zusammensetzung der runden Wangenstücke ist jedoch hierbei zu bemerken, daß diese Zusammensetzung immer in die Mitte einer Stufe fallen muß, damit die Wangenstücke zusammengehalten werden.

Diese unterscheiden sich von den sämmtlichen bis jetzt beschriebenen Treppenarten nur in der Construction der Wangen, welche in diesem

Falle treppenförmig ausgeschnitten sind und die Trittstufen unterstützen. Durch diese Aufsattelung bekommt die ganze Treppenanlage ein sehr elegantes und leichtes Ansehen, aus welchem Grunde durch sie in den bessern bürgerlichen und herrschaftlichen Gebäuden die Treppen mit *eingelochten* Wangen beinahe gänzlich verdrängt sind, obgleich letztere

Fig. 572.



leichter ausführbar und dauerhafter sind. Die hier in Rede stehende Treppengattung eignet sich hauptsächlich für ganz grade Läufe, denn wo ein Eckpodest die Treppe unterbricht, verursacht die Aufsattelung einige Schwierigkeiten und wird oft eine Unterstützung mittels einer Säule oder eines Pfostens nothwendig sein.

Am schwierigsten und umständlichsten wird diese Construction, sobald Wendelstufen vorkommen.

Trotzdem findet man die aufgesattelten Stufen bei geschwungenen und gebrochenen Treppen, da letztere in herrschaftlichen und bürgerlichen Gebäuden am häufigsten aufgeführt werden, vielfach angeordnet.

Je größer und breiter die Treppe ist, desto stärker muß die Wange construirt sein, und hat man deshalb in neuerer Zeit häufig, um die ganze Anlage nicht zu plump erscheinen zu lassen, die innere Wangenseite mit einer breiten schmiedeeisernen Flachschiene versehen.

Die Construction der Treppen mit aufgesattelten Stufen ist folgende (Fig. 572 A und B.):

Die Wangen sind in die Podestbalken und in die Wechsel der Etagenbalken eingezapft, sowie nach den Treppenstufen ausgeschnitten; die Trittstufen erhalten an zwei Seiten gleichmäßige Profilirung, sie werden ferner platt auf die Wangenausschnitte gelegt und darauf festgeschroben.

Die Setzstufen stecken in einer Nuthe der Trittstufen und verdecken das Hirnholz der Wange. An der Außenkante pflegt man sie etwas auf Gährung zuzuschneiden (Fig. 572 B), damit kleine Leisten, aus Karnies und Platte bestehend, die Hirnkante der Setzstufen vollständig überdecken.

Das Profil dieser Leisten setzt sich noch an der Vorderansicht unter dem Stufenkarnies bis an das Panel fort, ebenso in der Seitenansicht der Wange und endigt hier ganz frei mit einer Verkröpfung.

Außer einer großen Mannichfaltigkeit in der Profilirung sämmtlicher Treppentheile kann man auch noch die Setzbretter mit durchbrochener Arbeit und zwar bei reicherer Ausführung mit freiem oder chematischem Ornamente aus Gußzink, Gußeisen 2c., versehen.

Die massiven Treppen.

Die Nothwendigkeit einer allgemeinen Anwendung massiver, feuersicherer Treppen in den städtischen Wohngebäuden lag längst vor, und tritt dieselbe noch mehr in den Vordergrund, da wiederholt durch das Vorhandensein hölzerner Treppen Unglücksfälle bei Bränden hervorgerufen wurden.

Es sollte daher von Seiten der Baupolizei dahin gewirkt werden, daß in den Wohngebäuden feuersichere Treppen angebracht werden müs-

sen. In Gegenden in denen ein, zu Stufen und Podesten brauchbares Gestein gewonnen wird, kann dies mit geringen Opfern geschehen. Da wo die Beschaffung geeigneter natürlicher Steine zu theuer ist, baut man massive Treppen aus Backsteinen mit schnell bindendem Mörtel und sind diese in Feuersicherheit, Dauer und Eleganz den Hausteintreppen gleich.

Man hat also zu unterscheiden: 1. Treppen aus natürlichen Steinen und 2. Treppen aus künstlichen Steinen. Hierzu kommt noch das Eisen, so daß wir 3. noch Treppen ganz aus Eisen oder solche in Verbindung mit natürlichen oder künstlichen Steinen haben.

Die massiven Treppen aus natürlichen Steinen.

Zum Bau derselben läßt sich jeder Haustein, Granit, Marmor oder jeder Art Sandstein und Kalkstein von hinreichender Festigkeit anwenden. Granit wird nur bei Freitreppen und Marmor nur bei Prachtbauten benutzt.

Wir betrachten zunächst:

Die Freitreppen.

Hierunter versteht man solche Treppen, die entweder ganz oder theilweise außerhalb des Gebäudes liegen und welche die Verbindung der Straße, des Hofes oder Gartens mit dem Innern des Hauses herstellen.

Die Gesammtanordnung der Freitreppen, d. h. ihre äußere Form und Gestaltung ist von der Anordnung der Façaden abhängig.

Als Material haben sich Blockstufen aus Ziegelsteinen, ihrer geringen Haltbarkeit wegen, nicht bewährt. Man hat auch die Ziegelsteine mit einer Cementschicht überzogen, doch bekommt diese durch das ungleiche Setzen der einzelnen Steine leicht Risse. Der Granit ist für die Freitreppen das beste Baumaterial und verdient selbst vor dem Sandstein den Vorzug.

Wir haben solche Freitreppen zu unterscheiden, die entweder ganz vor der Gebäudefront liegen und solche, die etwas in das Gebäude hineinspringen.

Die einfachste Construction der ersteren Art zeigt Fig. 573 A—C, wobei die einzelnen Stufen nach allen Seiten terrassenförmig vorspringen.

Die Fundirung der Stufen kann sowohl durch Bruch- als auch

Backsteine geschehen, auch kann die Untermauerung ganz oder auch nur theilweise erfolgen, wie Fig. 573 C und D zeigen.

Fig. 573.

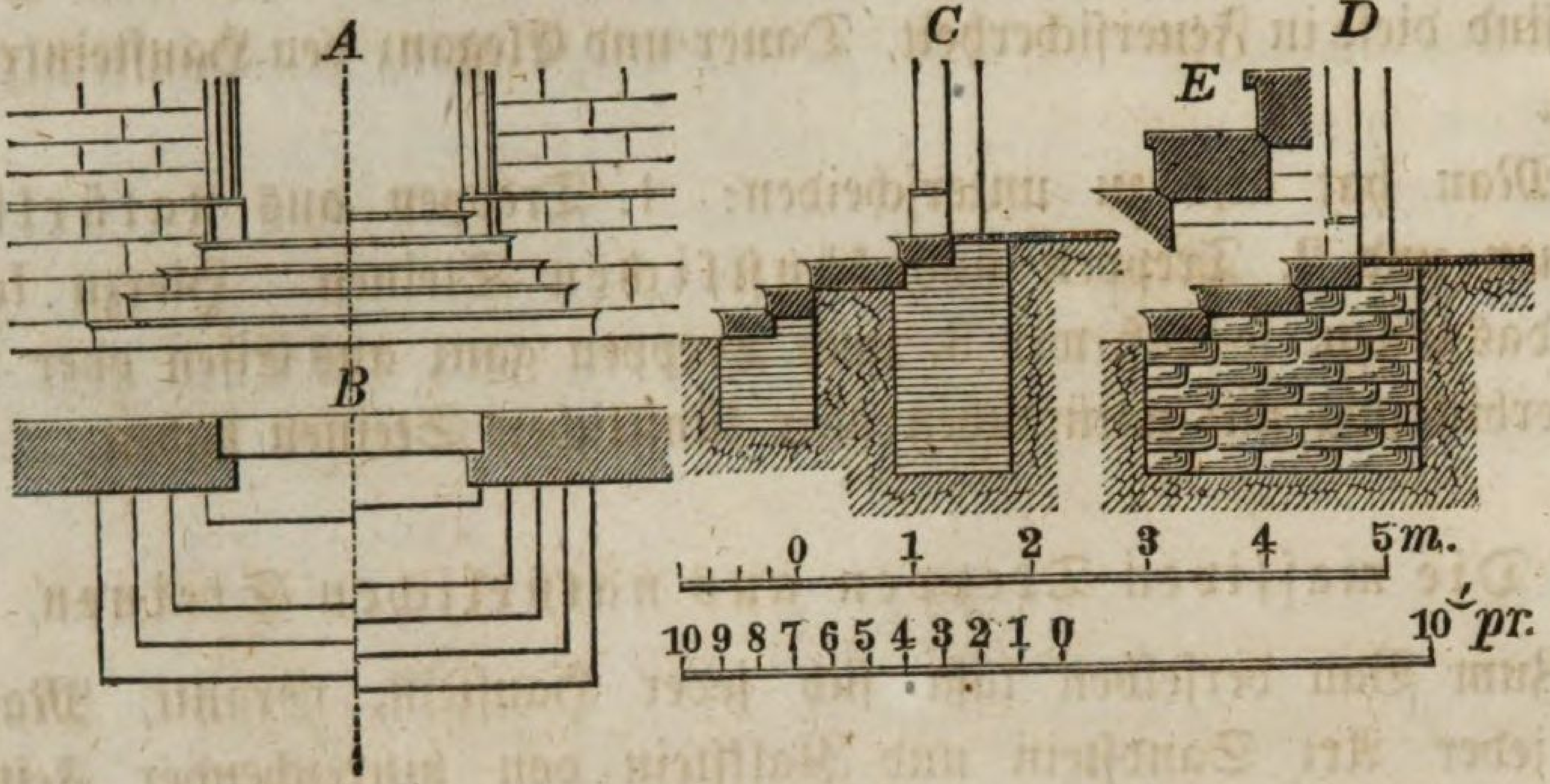


Fig. 574.

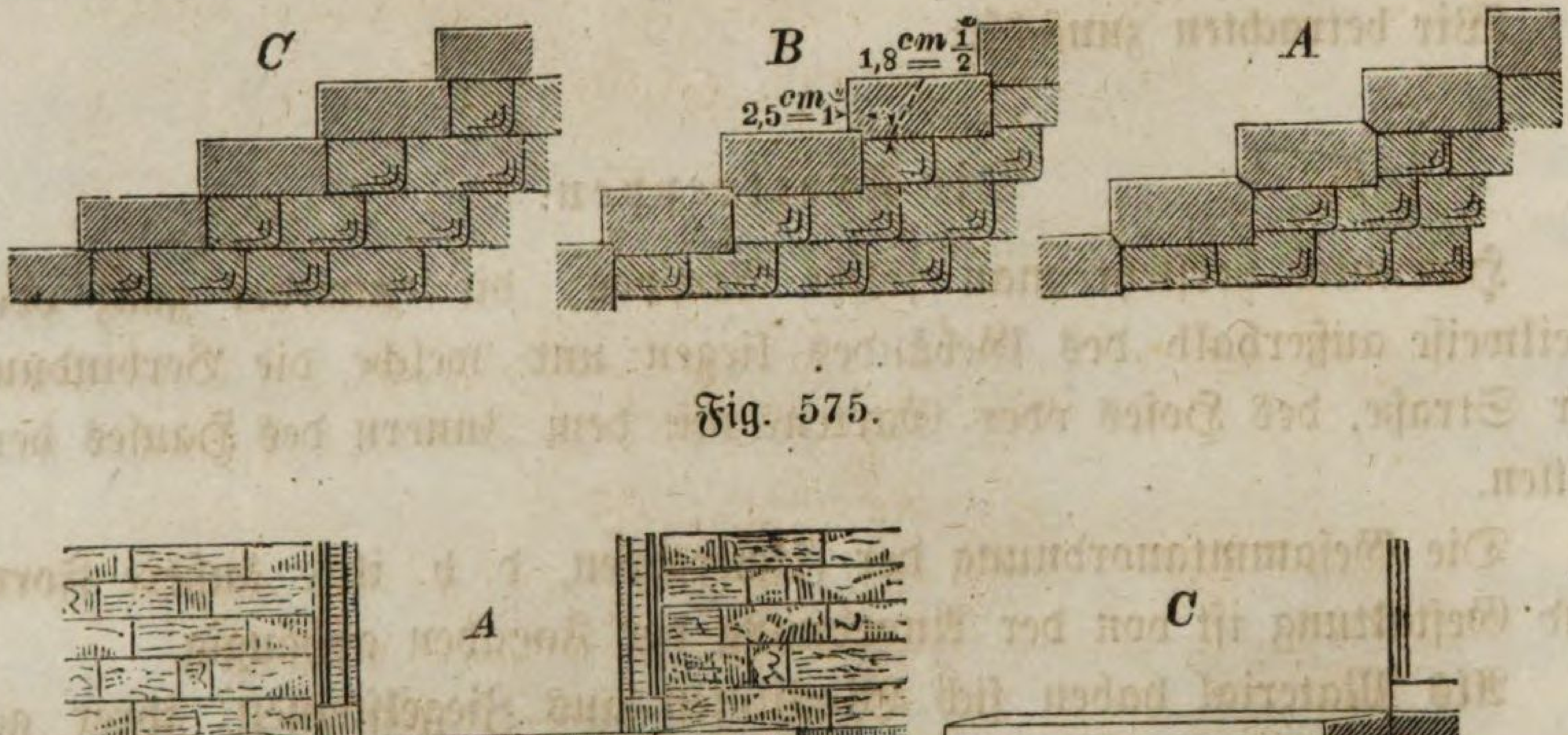
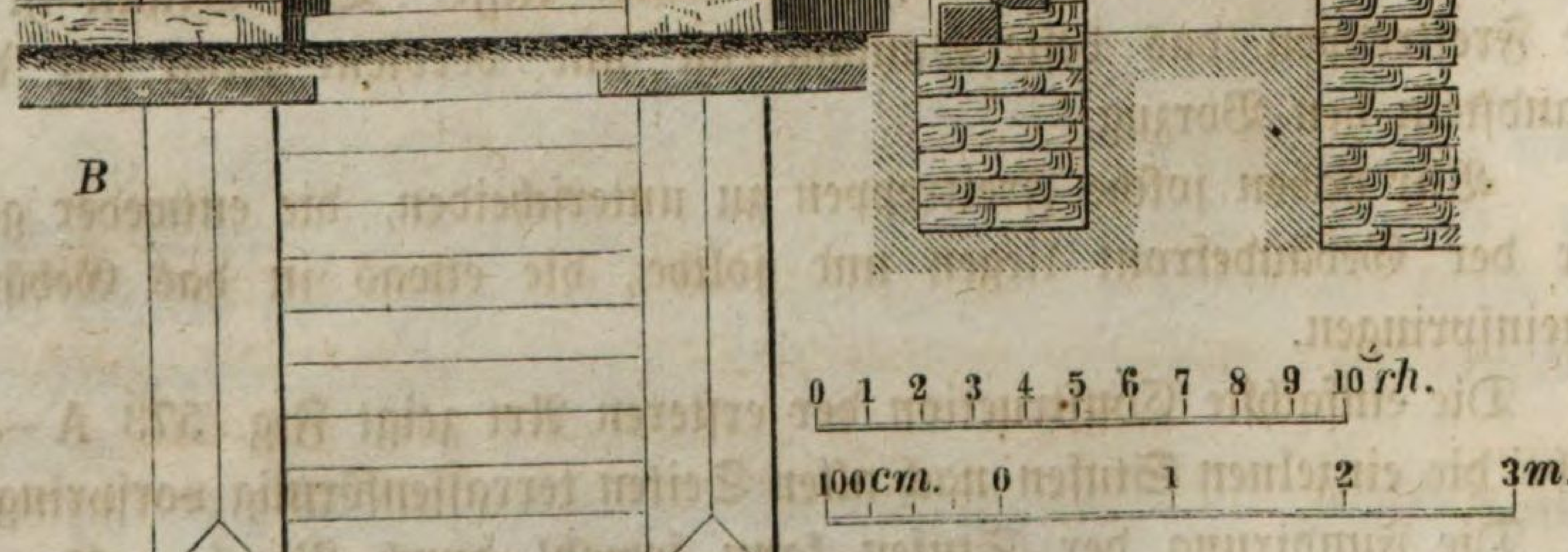


Fig. 575.



Am zweckmäßigsten setzen sich die Stufen mit einem Falze oder einer schrägen Kante, die senkrecht zur Treppenflucht gerichtet sein muß, aufeinander (Fig. 574 A B.)

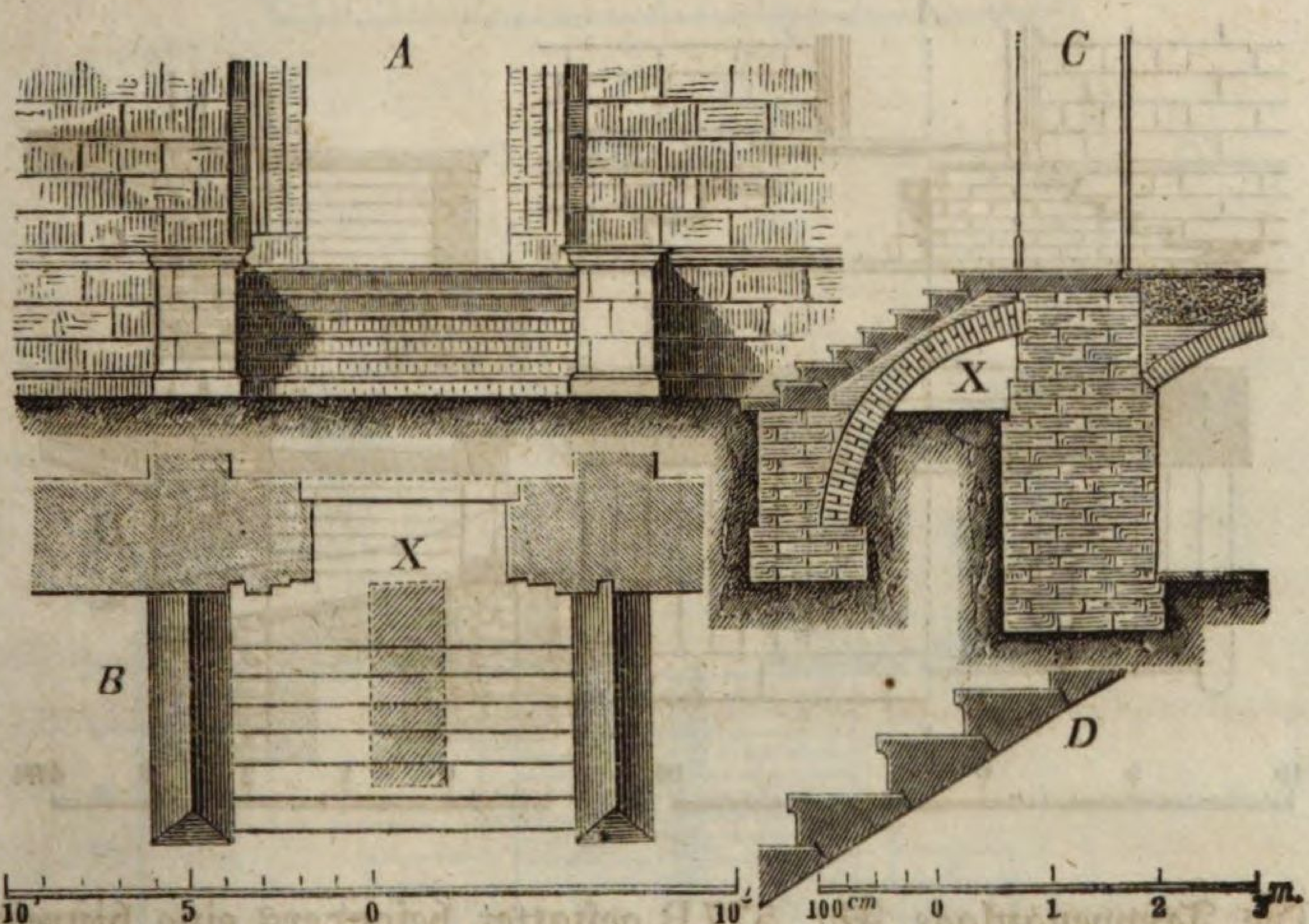
Nur bei Treppen mit Wangen ist es gestattet, die Stufen stumpf aufeinander zu legen (Fig. 575 A), da hierbei eine Verschiebung der einzelnen Stufen nicht zu befürchten steht.

Die oberste Stufe bildet gleichzeitig die Schwelle und stellt einen Anschlag für die Hausthüre her. Aus diesem Grunde liegt auch der innere Fußboden, aus welchem Materiale er auch bestehen mag, $1-1\frac{1}{2}$ cm tiefer als die Schwelle, welche außerdem, des bessern Wasserabflusses wegen, nach unten einen Abfall erhält.

Diese sogenannte Terrassentreppe wendet man nur dann an, wenn der Gebäudesockel ein niedriger ist, bei größeren Höhen pflegt man meistens die Stufen an beiden Enden durch massive Wangen zu begrenzen, wie Fig. 575 A — C zeigt. Es liegen hierbei die Stufen, welche mindestens 16 cm (6″) in der Wange stehen, stumpf aufeinander.

Die Construction der Schwellenstufe bleibt immer dieselbe und auch die ersten drei Antrittsstufen erhalten eine entsprechende Fun-

Fig. 576.



dirung. Die Wange erhält unterhalb ein besonderes Fundament und oberhalb eine abgeschrägte, mit der Schwellstufe abschließende Deckplatte.

Die Breite der Freitreppe richtet sich meistens nach der Breite der-

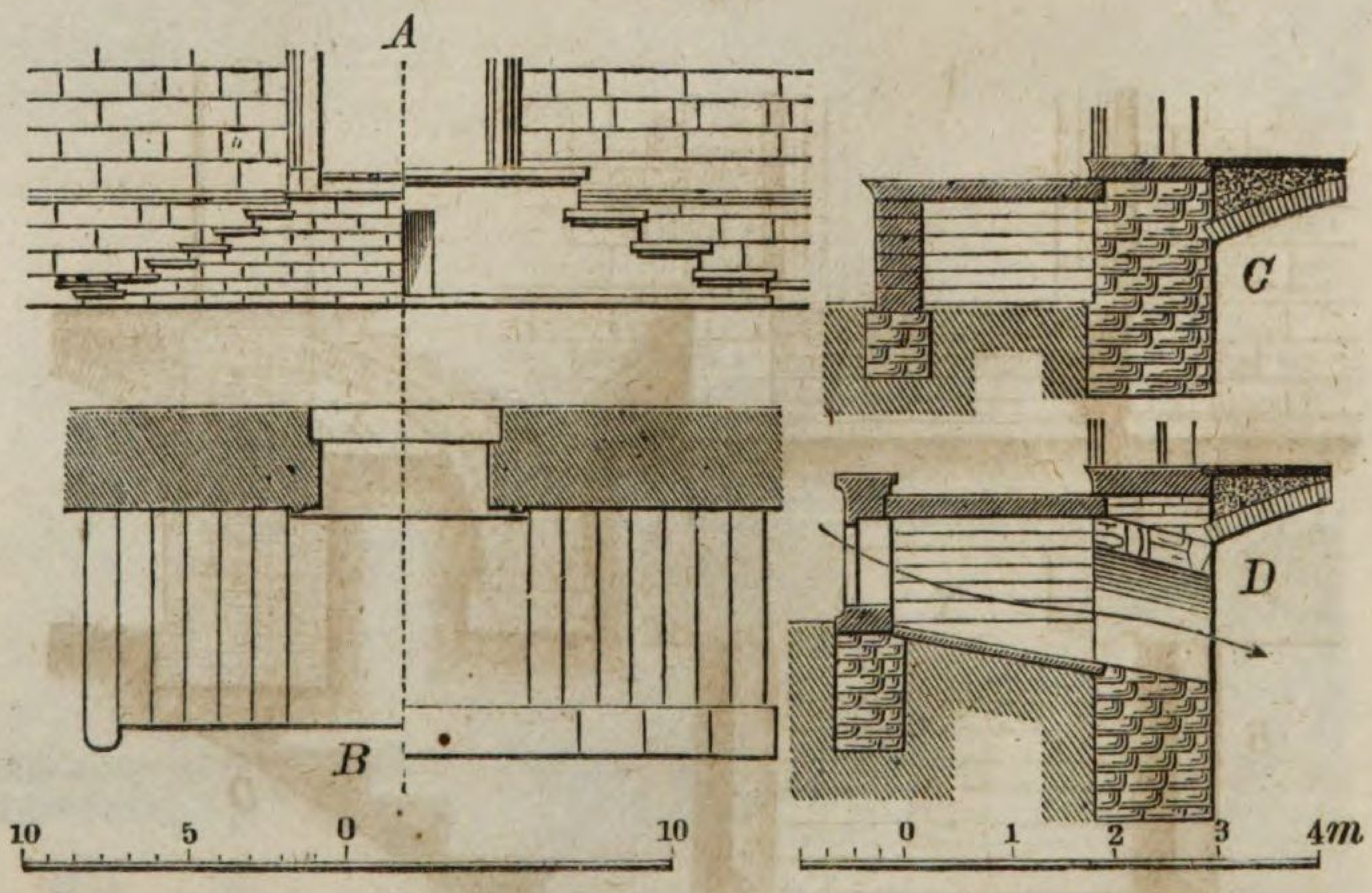
Thür. Wird sie so breit, daß die Stufen sich zwischen den Wangen nicht mehr frei tragen können, so wird sie durch gänzliche Untermauerung unterstützt, wie Fig. 573 D zeigt. Vielfach werden nur die untersten Stufen fundirt (Fig. 575 C), während die übrigen auf Bögen ruhen, was beträchtlich zur Ersparung von Material beiträgt. (Figur 576 B C).

Die Construction der Fig. 576 weicht von den vorigen außerdem noch dadurch ab, daß die Schwellstufe beträchtlich breiter gemacht ist.

Die Treppenanlagen Fig. 574 bis 576 haben den Nachtheil, daß sie bei hohem Sockel oder Souterrain die Straße beträchtlich versperren. Z. B. würde bei 1,25 m (4′) Sockelhöhe der Vorsprung der Freitreppen mindestens 2,5 m (8′) betragen müssen.

Um diesen Vorsprung zu vermindern legt man nach Fig. 577 A—D häufig den Aufgang parallel zu der Frontmauer, wobei diese gleichzeitig, als Wange dienend, die Stufenköpfe 16 cm (6″) tief aufnimmt. Die äußern Wangen lassen sich sowohl in einer gleichen Höhe, oder auch treppenförmig aufführen. (Fig. 577 A).

Fig. 577.



Die Treppenanlage Fig. 577 B gestattet besonders eine hinreichende Erleuchtung und Lüftung des Kellers (Fig. 577 D) und erleichtert bei größerer Sockelhöhe die Anordnung von Kellerthüren.

Bei größeren Villenanlagen mit hohem Souterrain kommen sehr häufig die Zusammensetzung verschiedener Freitreppen, wie z. B. Fi-

gur 578 darstellt, vor. Hierbei führen zwei Flügel auf eine breite Freitreppe, von der aus man auf eine größere Terrasse gelangt. Die

Fig. 578 A.

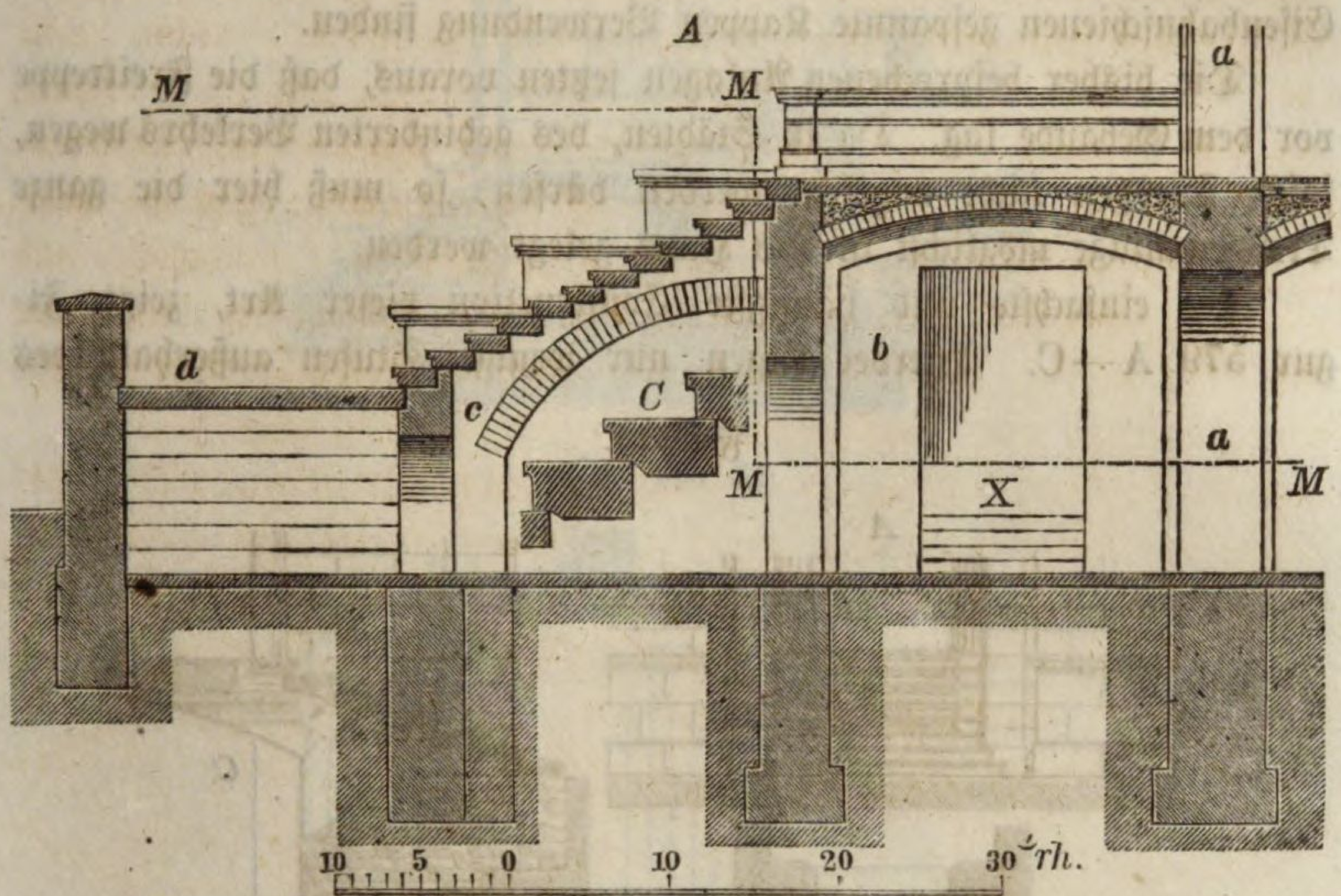
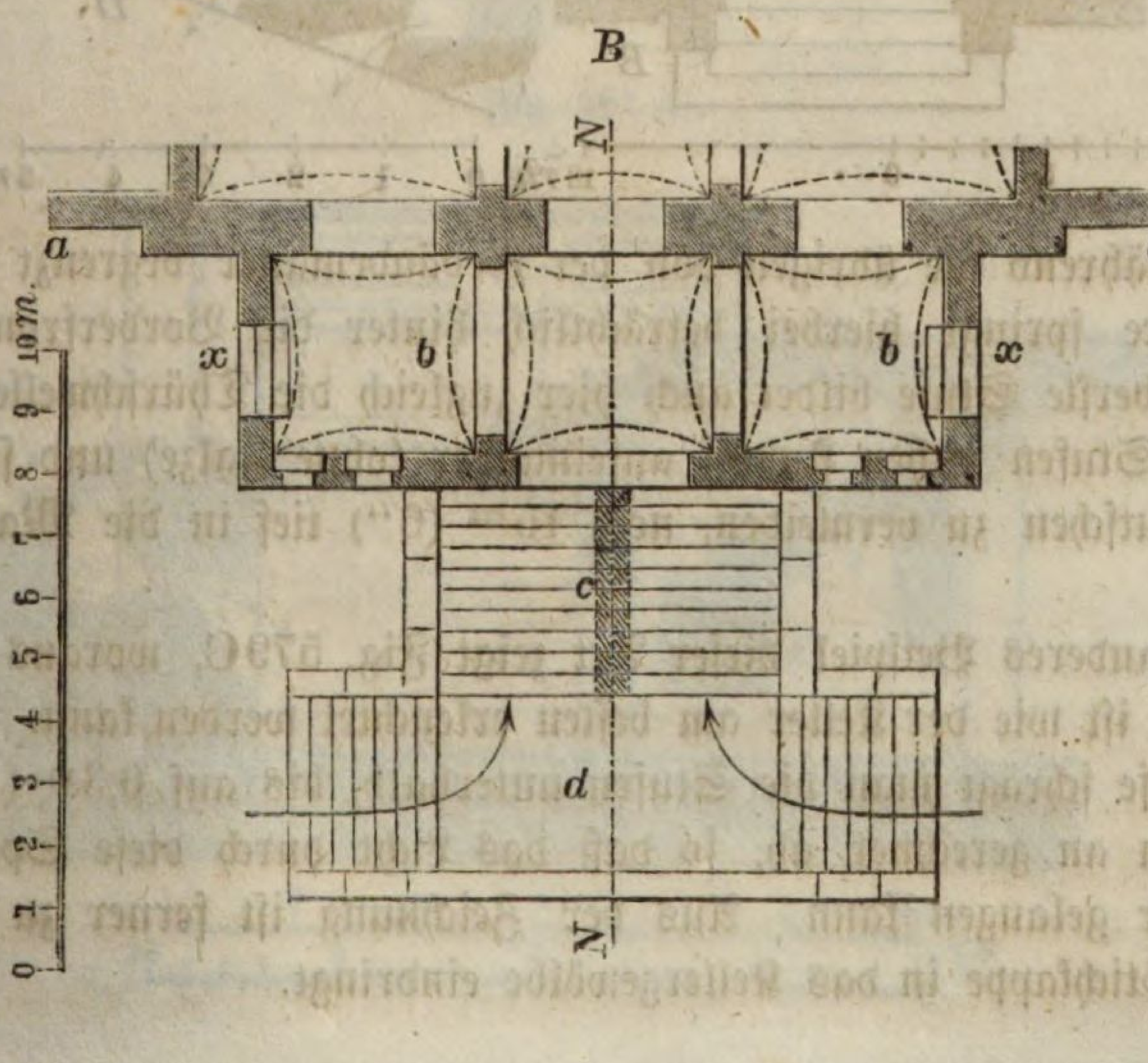


Fig. 578 B.

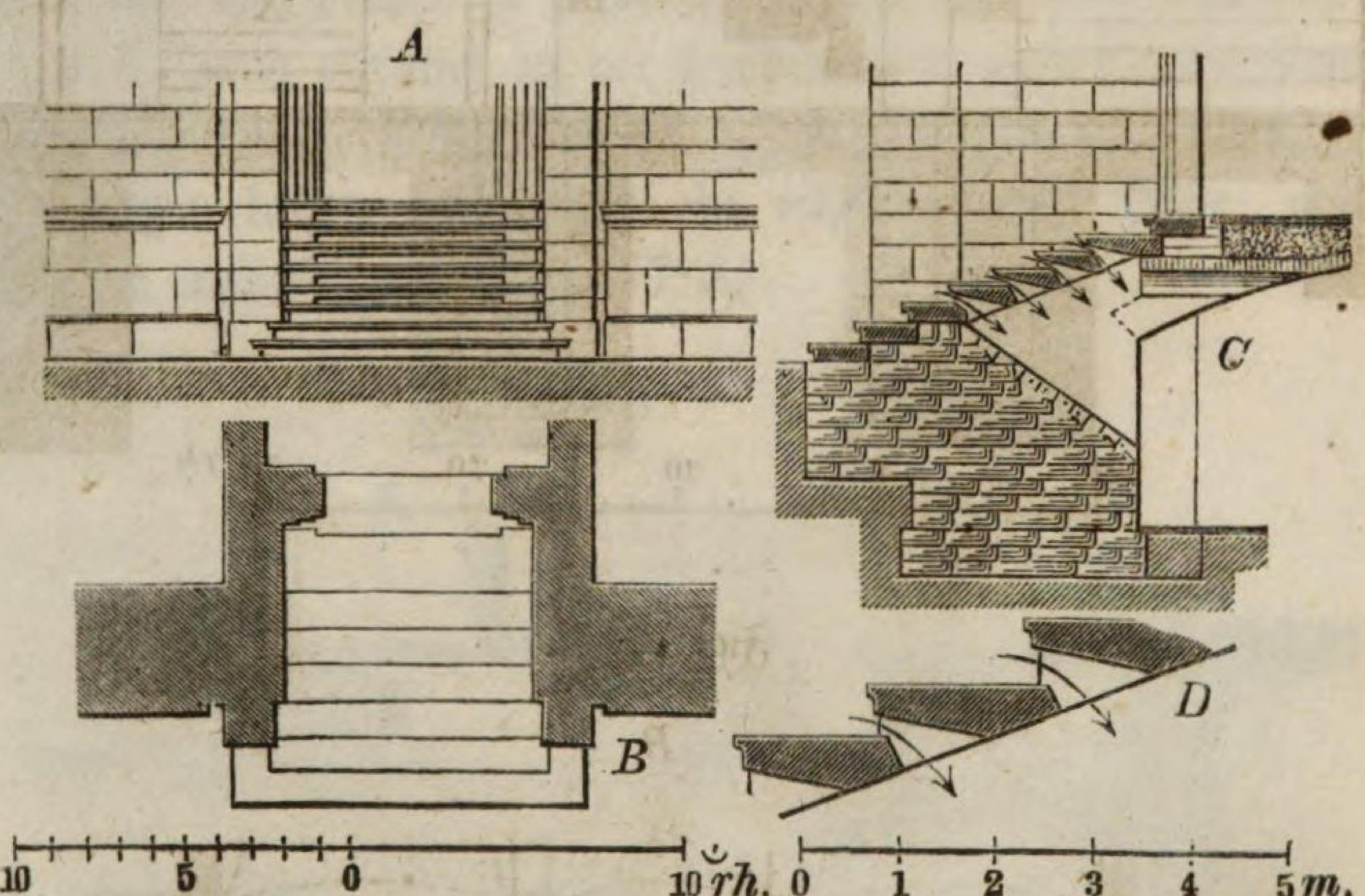


mittlere Freitreppe wird unterhalb von einem Bogen c unterstützt, während die Terrasse auf böhmischen Kappen b ruht. Durch die Thüre x kann man von dem Garten in den Keller gelangen. An Stelle der böhmischen Gewölbe könnten hier auch preußische, gegen Gurtbögen oder Eisenbahnschienen gespannte Kappen Verwendung finden.

Die bisher besprochenen Anlagen setzten voraus, daß die Freitreppe vor dem Gebäude lag. Da in Städten, des gehinderten Verkehrs wegen, solche Treppen nicht angelegt werden dürfen, so muß hier die ganze Treppenanlage möglichst in das Haus gelegt werden.

Die einfachste und häufigste Construction dieser Art, zeigt Figur 579 A—C. Hierbei liegen nur wenige Stufen außerhalb des

Fig. 579.



Hauses, während die übrigen von der Gebäudemauer begrenzt werden. Die Thüre springt hierbei beträchtlich hinter die Vorderfront zurück und die oberste Stufe bildet auch hier zugleich die Thürschwelle

Die Stufen ruhen stumpf aufeinander (ohne Falze) und sind, um das Ausrutschen zu vermeiden, noch 16cm (6″) tief in die Mauer eingelassen.

Ein anderes Beispiel dieser Art zeigt Fig. 579 C, woraus zugleich zu ersehen ist wie der Keller am besten erleuchtet werden kann. Zu diesem Behufe schrägt man die Stufen unterhalb, bis auf 0,3m (1″), von den Enden an gerechnet, ab, so daß das Licht durch diese Spalten in den Keller gelangen kann. Aus der Zeichnung ist ferner zu ersehen, wie die Stichkappe in das Kellergewölbe eindringt.

Fig. 580 A und B zeigt eine kleine Freitreppe, wie sie sich größtentheils vor der Gebäudefront befindet, alsdann aber zu einer breiteren

Fig. 580 A.

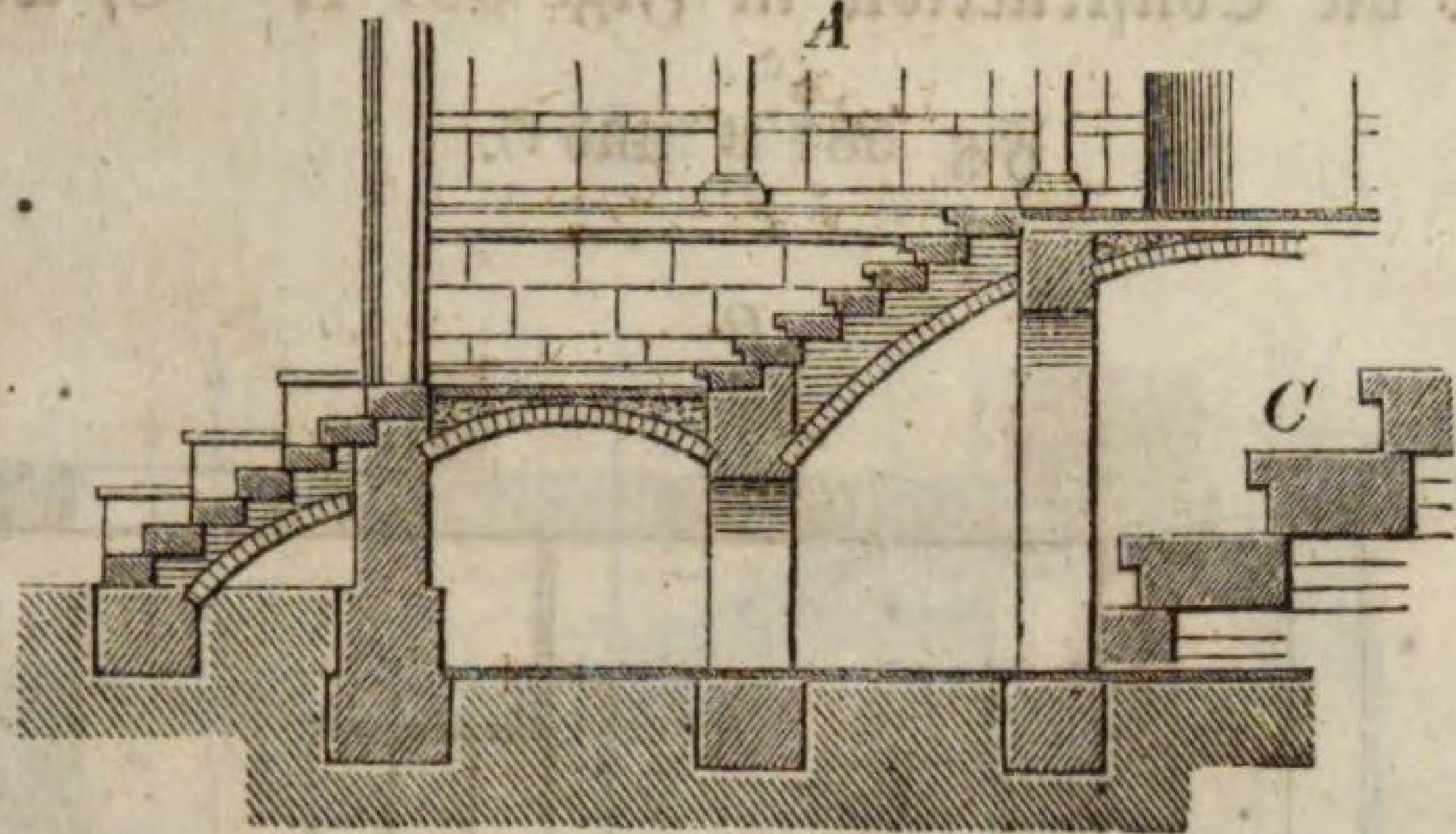


Fig. 580 B.

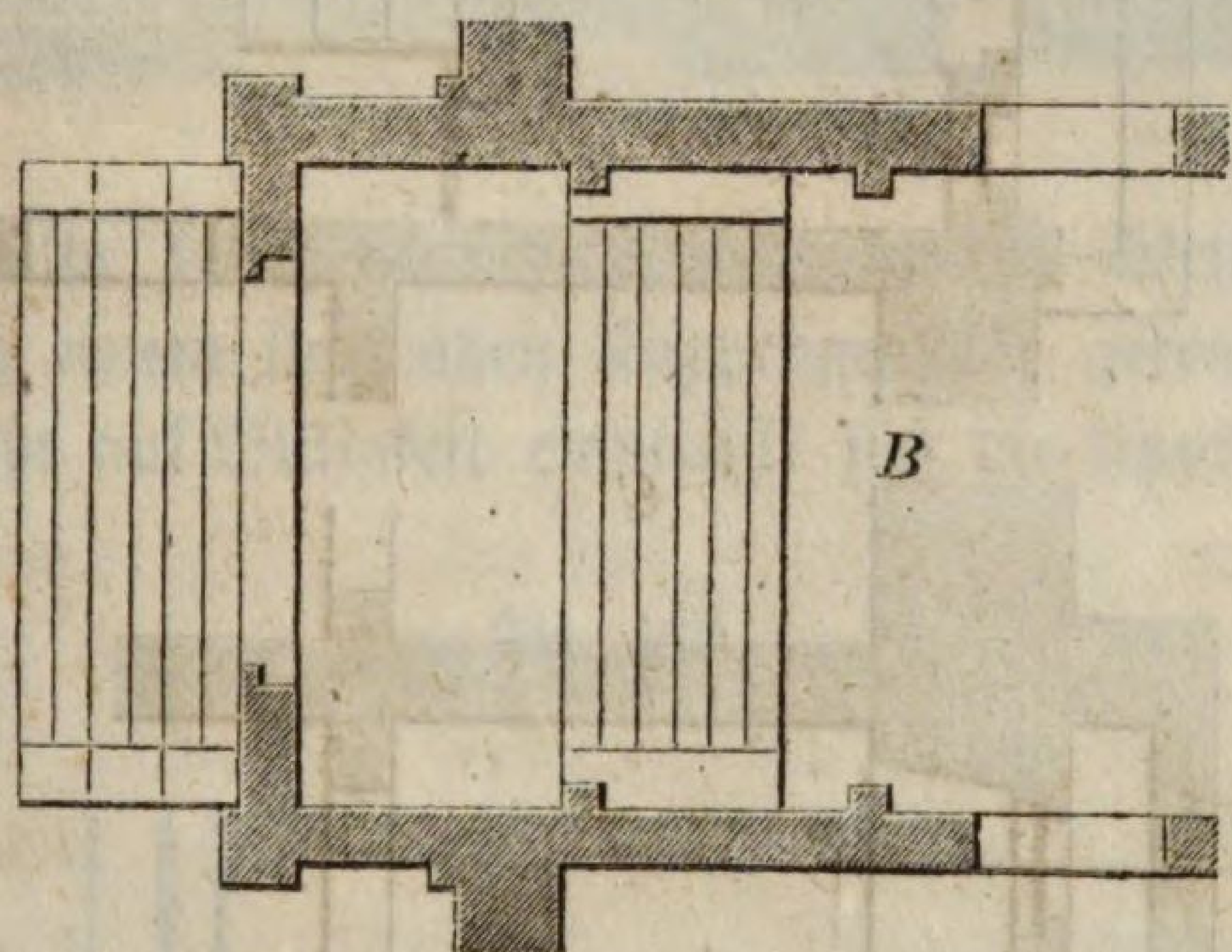
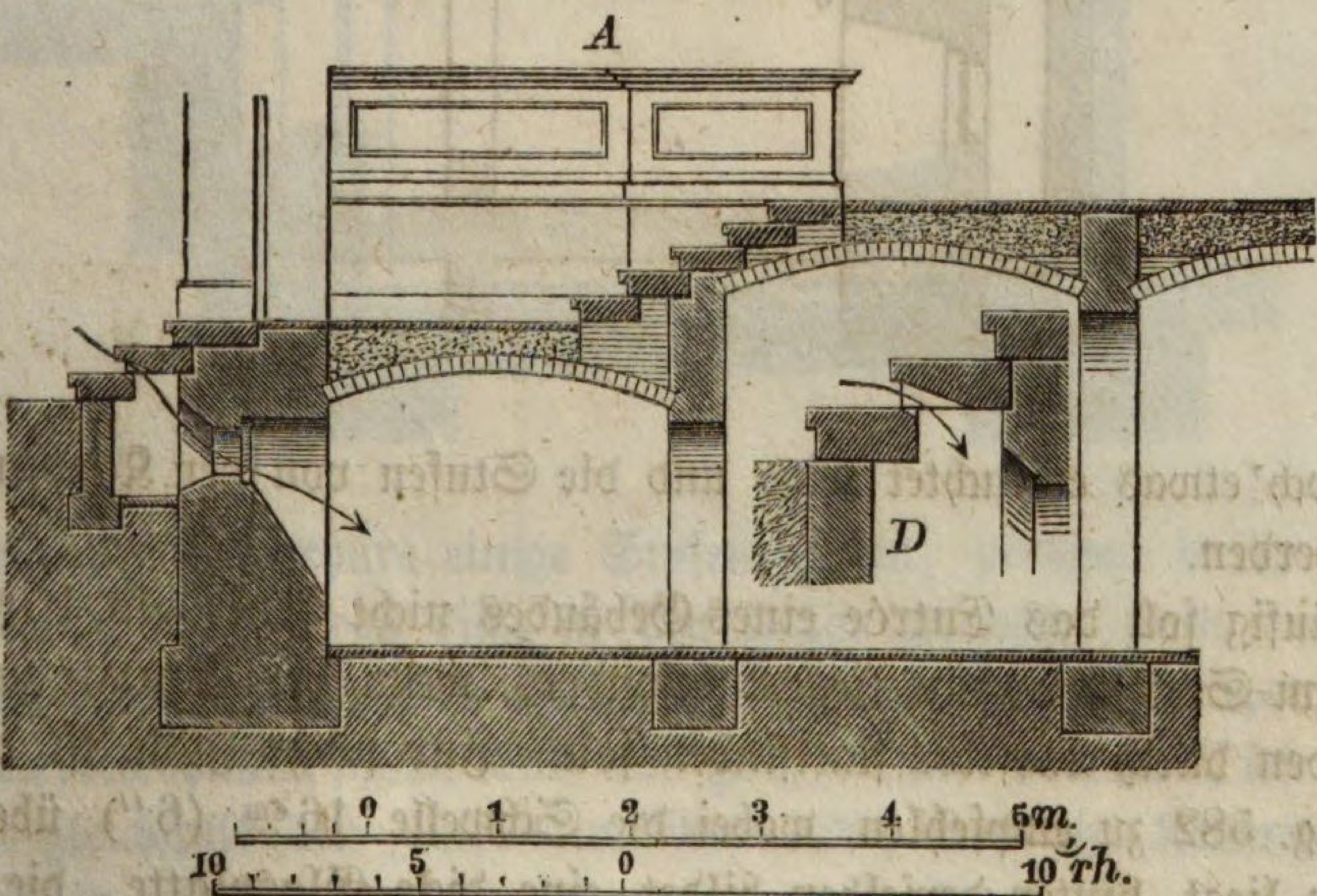


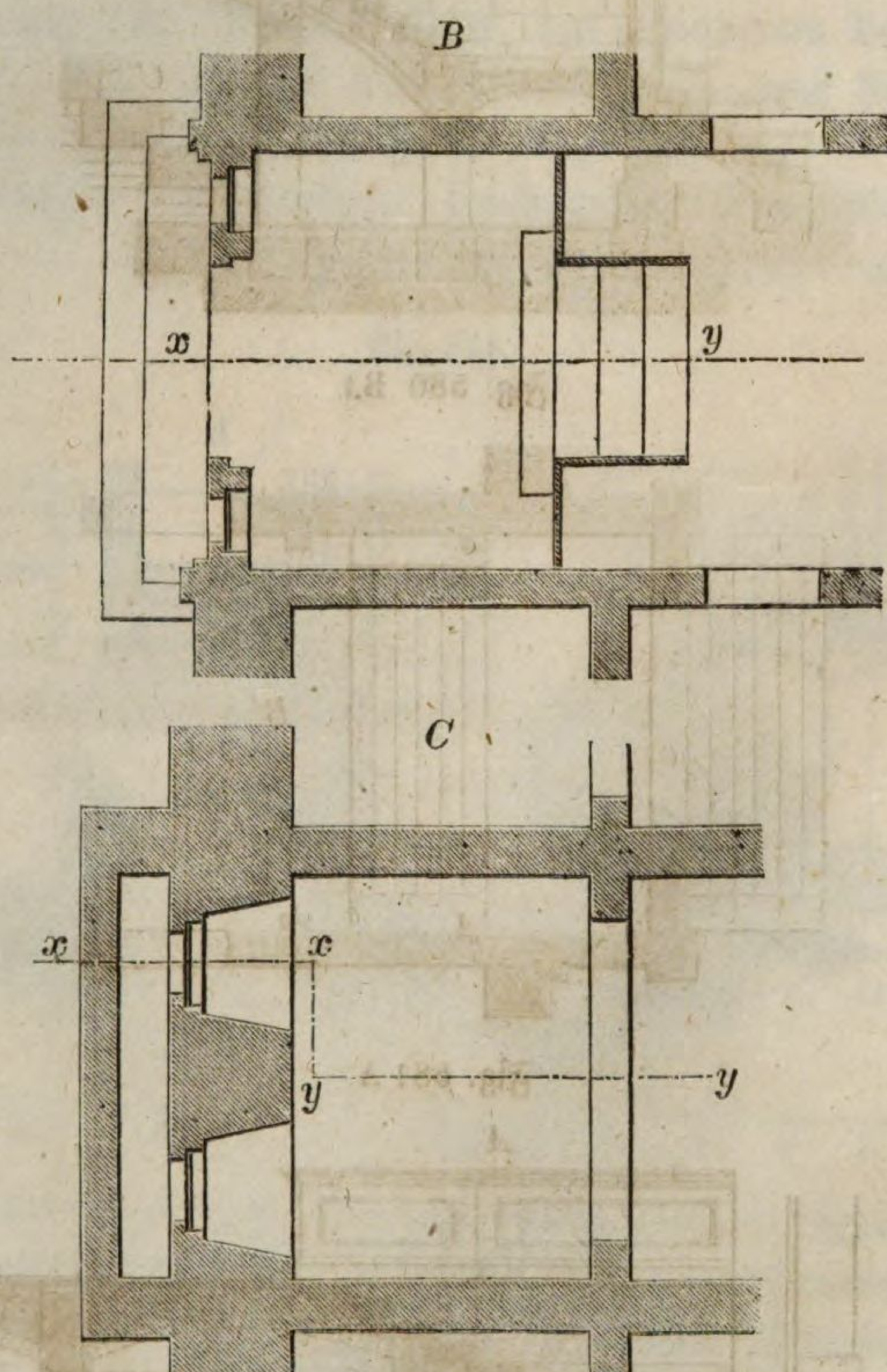
Fig. 581 A.



inneren Treppe führt. Die Hausthür liegt dabei nur 1 Stein tief hinter der Gebäudefront. Die Stufen tragen sich nicht frei, sondern ruhen auf ansteigenden $1/_2$ bis 1 Stein starken Bögen.

Aehnlich ist die Construction in Fig. 581 A—C, wobei der Keller

Fig. 581 B und C.

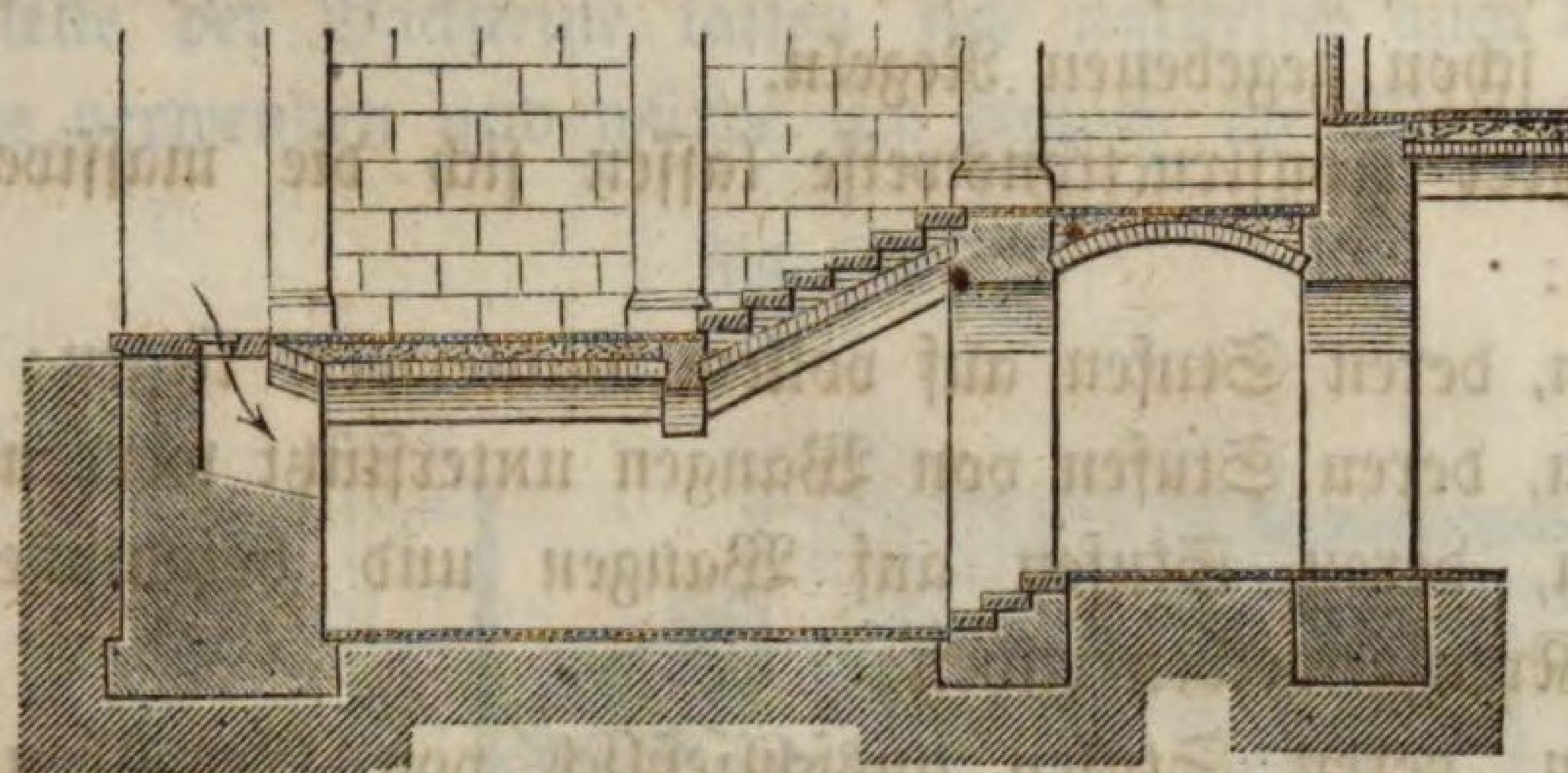


vorn noch etwas erleuchtet wird und die Stufen von den Kappen unterstützt werden.

Häufig soll das Entrée eines Gebäudes nicht höher als 16 cm (6″) über dem Straßenterrain liegen, besonders, wenn der Eintritt zu einem Kaufladen durch dasselbe stattfinden soll. Für solche Fälle ist die Anlage Fig. 582 zu empfehlen, wobei die Schwelle 16 cm (6″) über dem Terrain liegt, hinter derselben bildet eine dicke Glasplatte, die etwas

Licht in den Keller fallen läßt, den Fußboden. Dann folgt das Entrée, in dem sich der Eingang in den Laden oder die Kellerwohnung befindet. An das Entrée schließt sich eine kleine Treppe zum Parterre an. Die

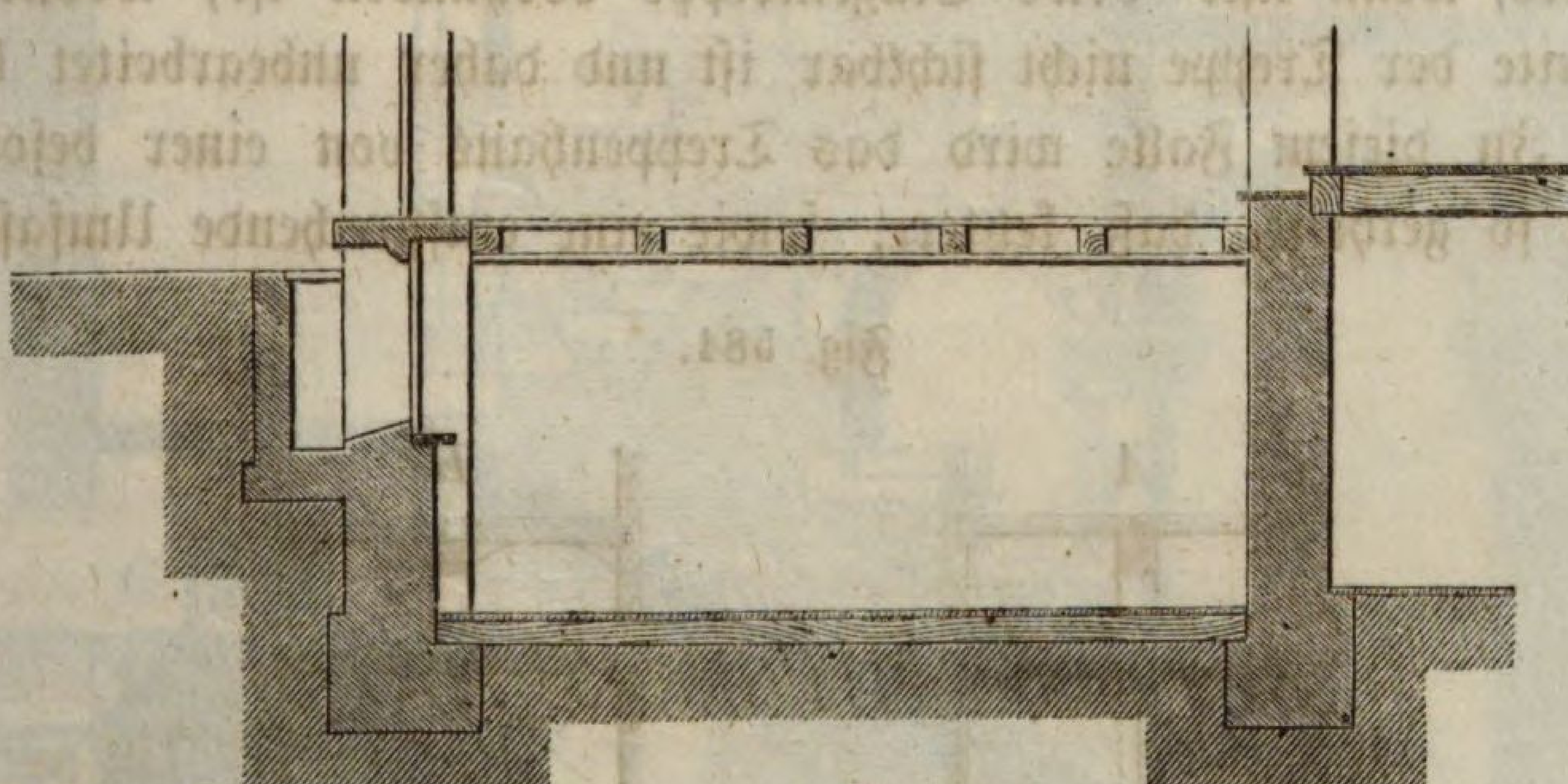
Fig. 582.



Anlage der Gewölbe kann in der vorbezeichneten Weise geschehen, die Treppe wird von einem steigenden Kappengewölbe getragen.

Mit Rücksicht auf Billigkeit empfiehlt sich die Anordnung Fig. 583,

Fig. 583.



wobei vor der Hausthüre einige Stufen liegen, zwischen denen in der beschriebenen Weise das Licht in den Keller gelangen kann. Letzterer wird mit einer gewöhnlichen Balkenlage überdeckt und die Treppe, welche zur Parterrewohnung führt, kann aus Holz gemacht werden. Diese Anlage gestattet gleichfalls den Zutritt in einen Laden oder eine Kellerwohnung vom Entrée aus.

Die massiven Treppen im Innern der Gebäude.

Die Grundformen derselben wurden schon bei den hölzernen Treppen besprochen, es sei hier nur noch erwähnt, daß für massive Treppen die einfachen Grundrißformen vortheilhafter erscheinen. Für die Länge der Stufen und Podeste, nach der sich die Breite der Treppe ergiebt, gelten ebenfalls die schon gegebenen Regeln.

Nach ihrer Constructionsweise lassen sich die massiven Treppen eintheilen in:

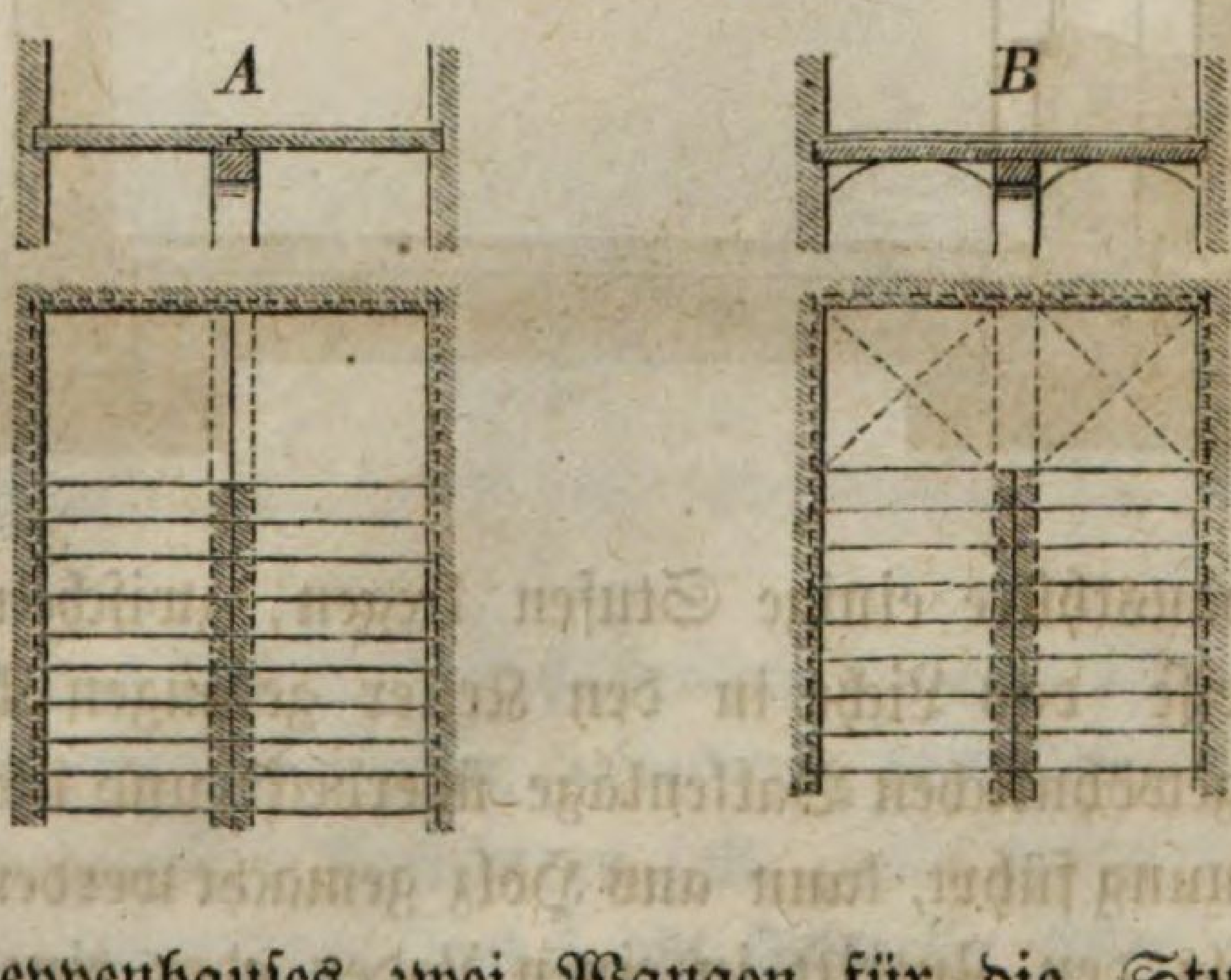
a. Treppen, deren Stufen auf vollem Mauerwerk liegen;
b. Treppen, deren Stufen von Wangen unterstützt werden;
c. Treppen, deren Stufen auf Wangen und böhmischen Kappen- oder Kreuzgewölben ruhen;
d. Treppen, deren Stufen ausschließlich von Gewölben unterstützt werden;
e. Treppen, bei denen der eine Kopf der Stufe fest in der Mauer liegt und der andere freischwebt, sogenannte freitragende Treppen.

Wir betrachten zunächst:

a. Treppen, deren Stufen auf vollem Mauerwerk liegen.

Diese Art ist in der Ausführung verhältnißmäßig einfach und billig, besonders, wenn nur eine Etagentreppe vorhanden ist, wodurch die Unterseite der Treppe nicht sichtbar ist und daher unbearbeitet bleiben kann. In diesem Falle wird das Treppenhaus von einer besonderen Mauer so getheilt, daß letztere, sowie eine entsprechende Umfassungs-

Fig. 584.



mauer des Treppenhauses zwei Wangen für die Stufen bilden (Figur 584 A und B). Der Podest besteht dann entweder aus einer oder

mehreren Platten, welche in der Mitte unter dem Stoße von einem Gurtbogen unterstützt werden (Fig. 584 A). Sind aber große Deckplatten nicht vorhanden, so kann man den Podestraum mit einem Kreuzgewölbe einer böhmischen oder preußischen Kappe überdecken und hierauf ein Fliesenpflaster bringen.

In Fig. 584 B hat die Zwischenmauer eine Stärke von $1^1/_2$ Stein.

An Stelle der Backsteine lassen sich natürlich auch Bruch- resp. Schnittsteine verwenden und würde sich danach die Mauerdicke richten.

Fig. 585.

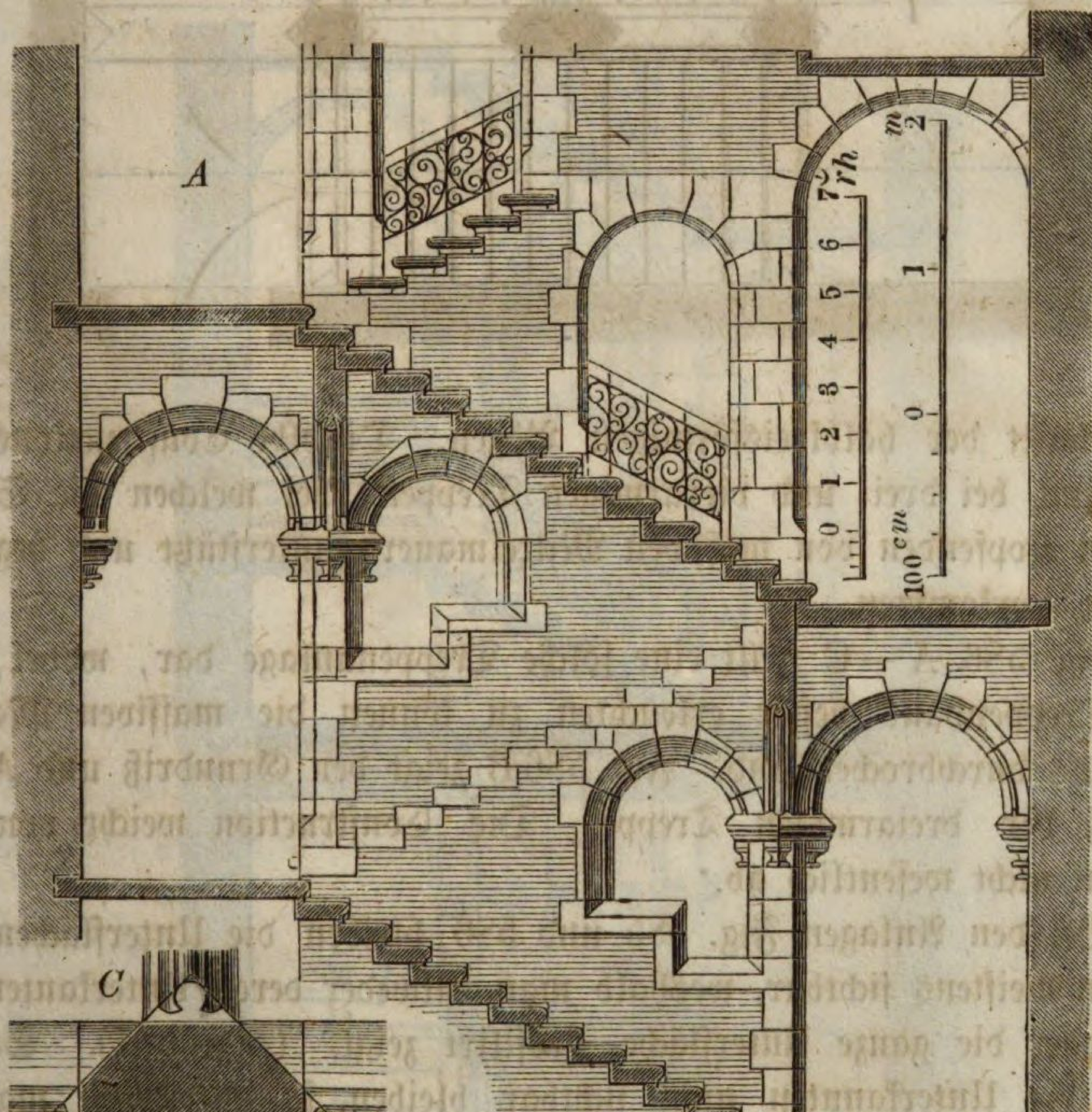
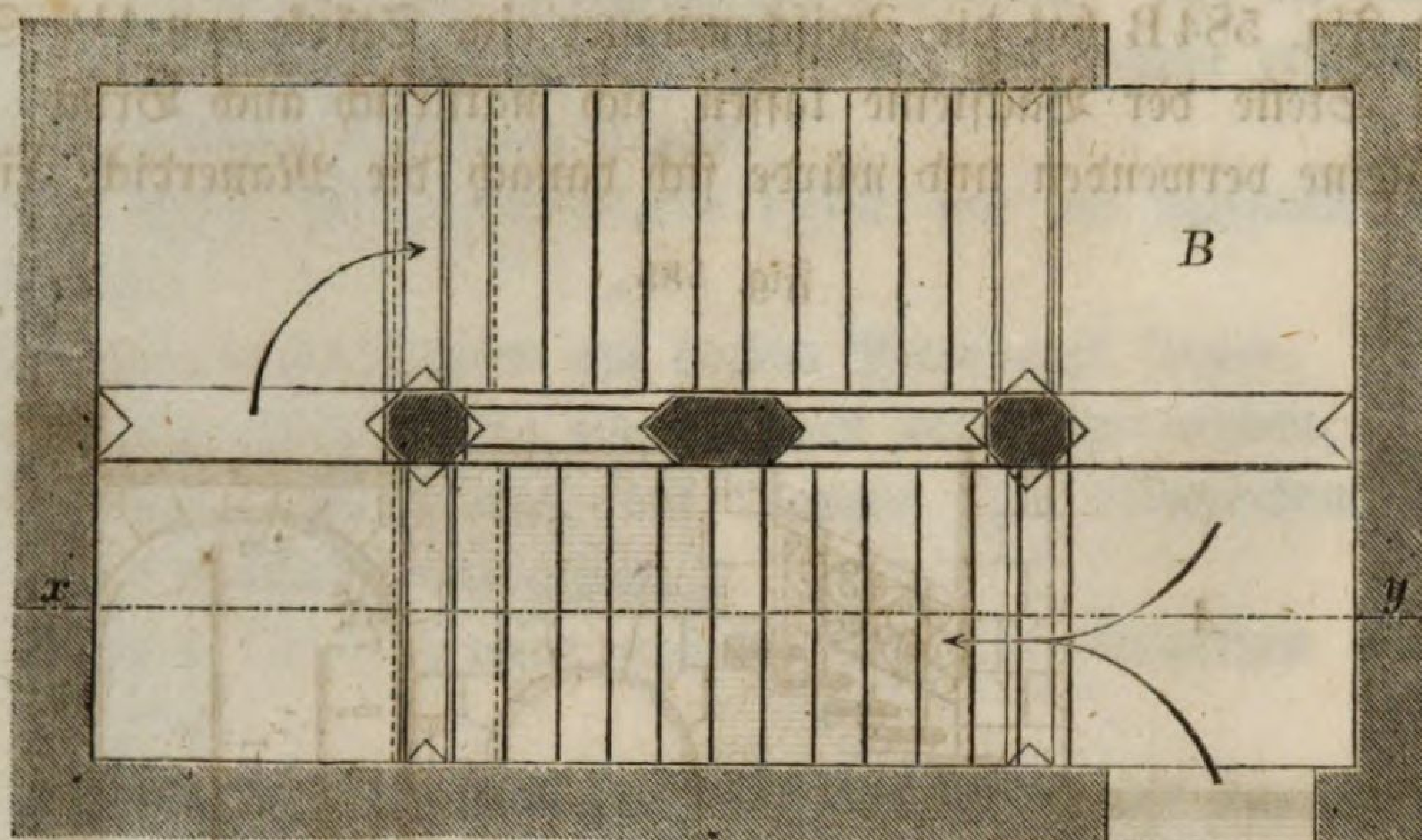


Fig. 585 A—C zeigt eine in gothischer Bauweise ausgeführte Treppe aus Schnittsteinen. Die Podeste werden von Gurtbögen unterstützt, ebenso die Antritt und Austrittstufen. Die Schnittsteinmauer ist

durchbrochen angelegt, wodurch die Erleuchtung des Treppenhauses erleichtert wird und auch hübsche perspectivische Durchblicke entstehen, so daß die ganze Anlage ein reiches Ansehen erhält. C giebt den Kämpfer-

Fig. 585. B.



durchschnitt der halbkreisförmigen Bögen. Dieselbe Constructionsweise kann auch bei drei- und vierarmigen Treppen, bei welchen die Stufen an den Kopfenden von massiven Mittelmauern unterstützt und begrenzt werden, vorkommen.

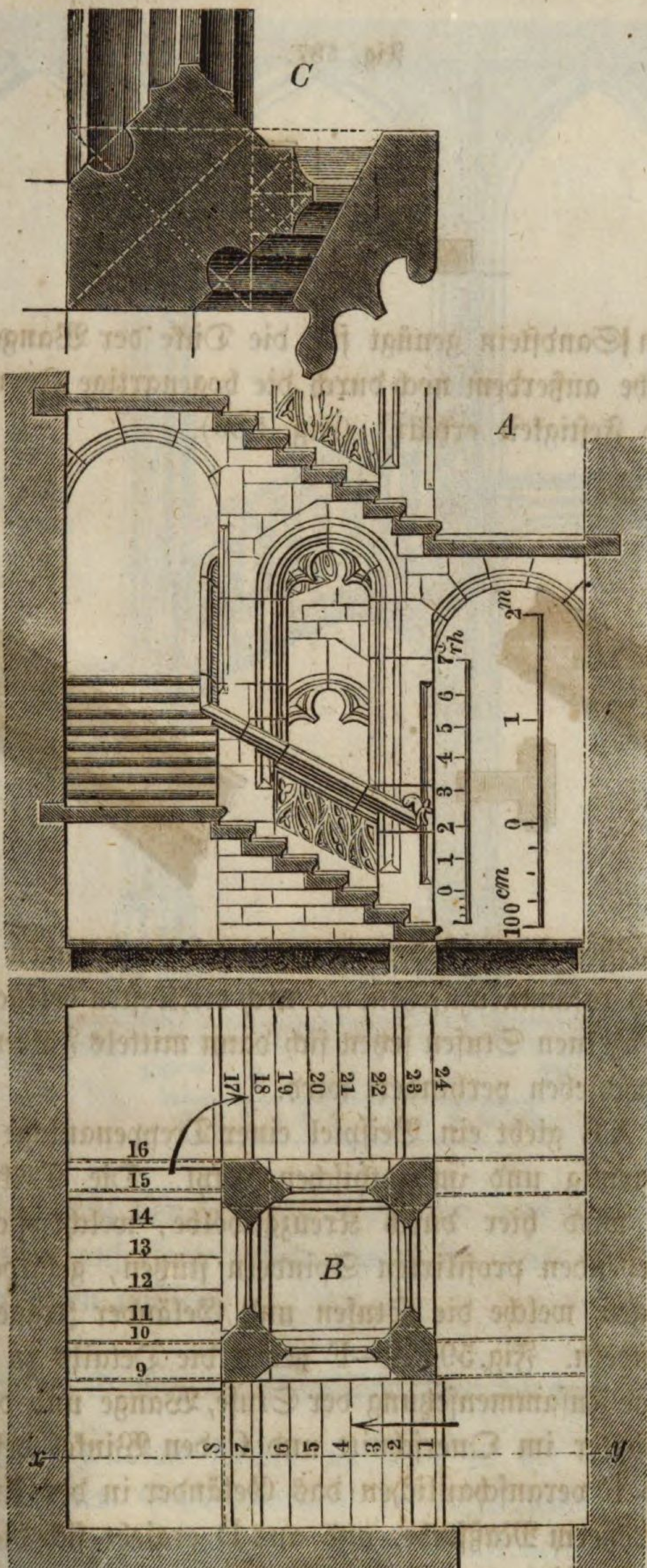
Fig. 586 A—C stellt eine solche Treppenanlage dar, wobei, um das Treppenhaus besser erleuchten zu können die massiven Mauern ebenfalls durchbrochen sind. Fig. 586 B zeigt den Grundriß und A den Aufriß der dreiarmigen Treppe. Die Construction weicht von der vorigen nicht wesentlich ab.

Bei den Anlagen Fig. 585 und 586 bleiben die Unterflächen der Stufen meistens sichtbar, weshalb man entweder deren Unterkanten abfaßt, oder die ganze Unterfläche profilirt zeigt. (Fig. 587). Sollten jedoch die Unterkannten nicht sichtbar bleiben, so unterwirft man sie keiner besondern Bearbeitung.

b. Treppen, bei denen die Stufen von Bögen oder Wangen unterstützt werden.

Bei den Bögen bedient man sich hierbei fast durchgängig des Sandsteines. Da dieses Material eine gute Bearbeitung und geringe Stärke zuläßt, wodurch die ganze Anlage leicht und gefällig erscheint. Die

Fig. 586.


C
A
B
7rh
2m
0 1 2 3 4 5 6 7
1
0
100cm
24 23 22 21 20 19 18 17
16
15
14
13
12
11
10
9
8 7 6 5 4 3 2 1
x
y

Bögen bilden hierbei zugleich die äußeren Wangen des Treppenarmes, in welche die Stufen, ähnlich wie bei den hölzernen Treppen, eingreifen, (Fig. 588).

Fig. 587.



Bei festem Sandstein genügt für die Dicke der Wangen 15—21 cm (6—8''), welche außerdem noch durch die bogenartige Form eine größere Stabilität und Festigkeit erhält. (Fig. 589).

Fig. 588.

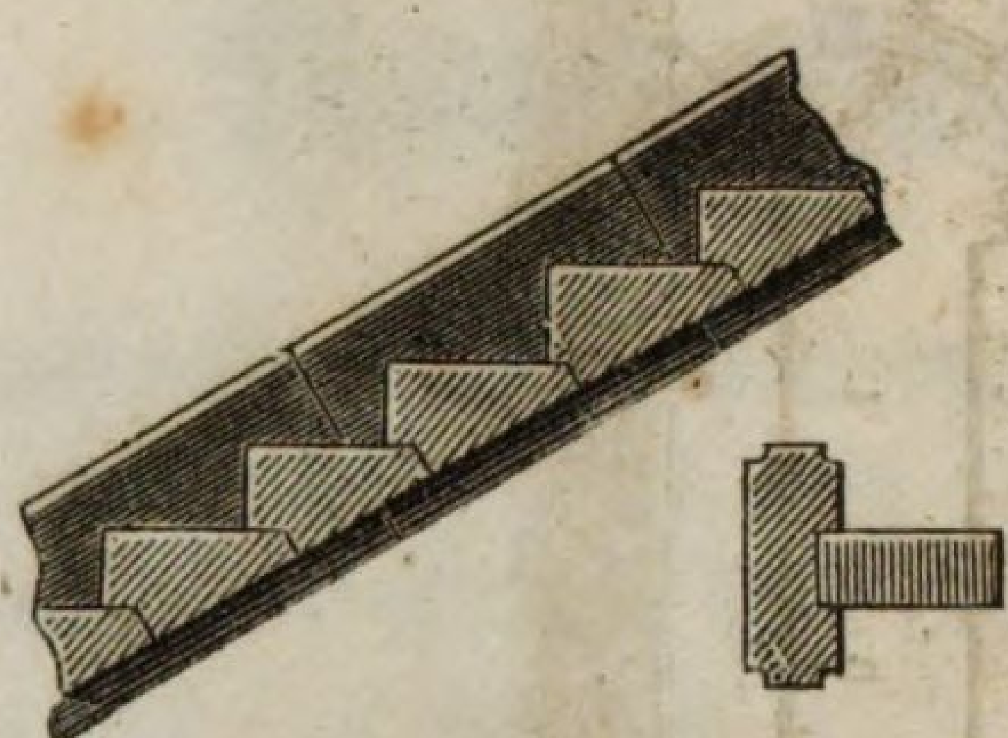
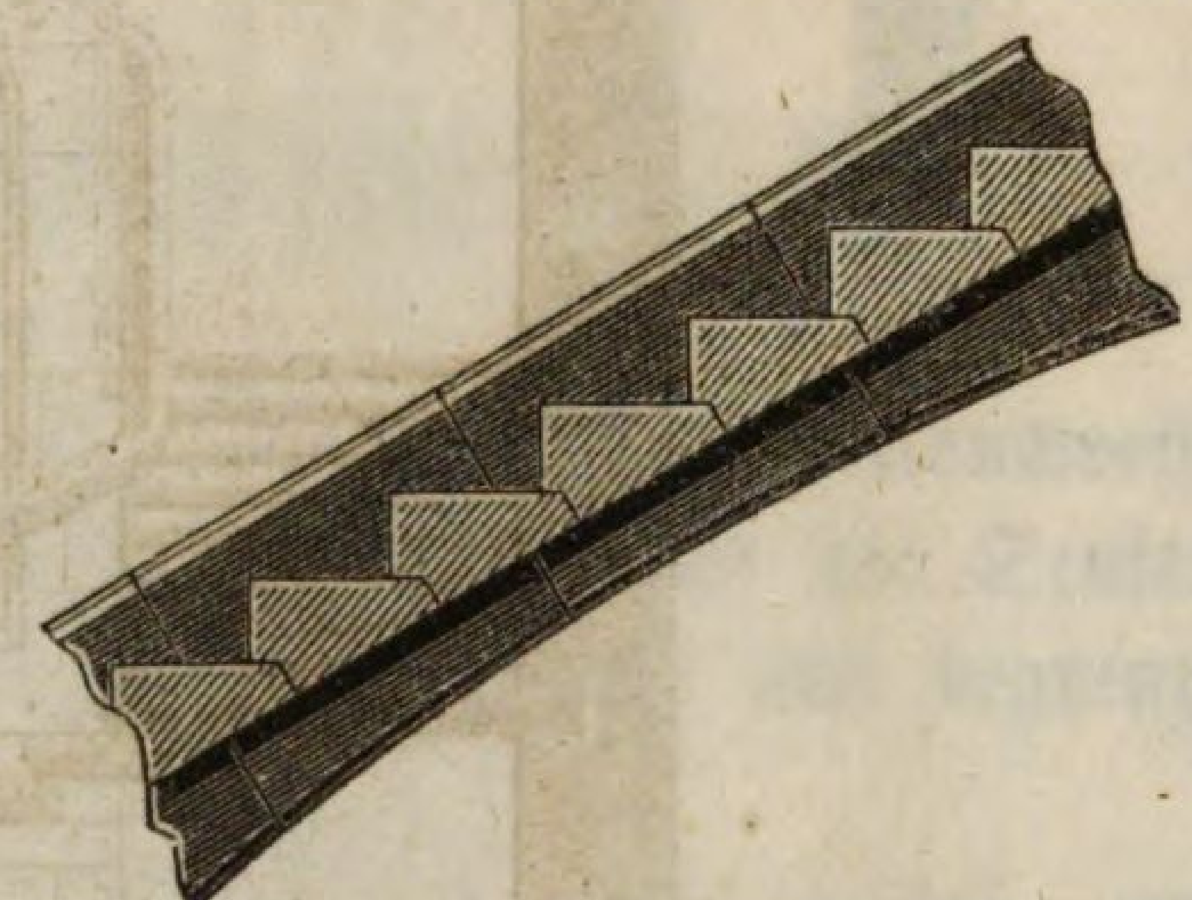


Fig. 589.



In den meisten Fällen pflegt man jedoch die Wangen aus mehreren Sandsteinstücken zusammenzusetzen, wodurch die Kosten beträchtlich geringer werden. Die einzelnen Stufen setzen sich dann mittels Falzen aufeinander, so daß ein Verschieben verhindert wird.

Fig. 590 AB giebt ein Beispiel einer Treppenanlage mit massiven Wangen, dreiarmig und im gothischen Styl. Die Decke des ganzen Treppenhauses wird hier durch Kreuzgewölbe, welche sich zum Theil auf die durchgehenden profilirten Spindeln stützen, gebildet. Auch die massiven Wangen, welche die Stufen und Geländer tragen, legen sich gegen die Spindeln. Fig. 591 A—F geben die Details zu dieser Treppe und zwar A die Zusammensetzung der Stufe, Wange und des Geländers, B zeigt den Pfeiler im Querschnitt und C den Winkel desselben in der Ansicht, E und F veranschaulichen das Geländer in der Ansicht und im Grundriß in größerm Maßstabe, und aus D ergiebt sich die Construction der Stufen in Verbindung mit der Wange.

Fig. 590 A.

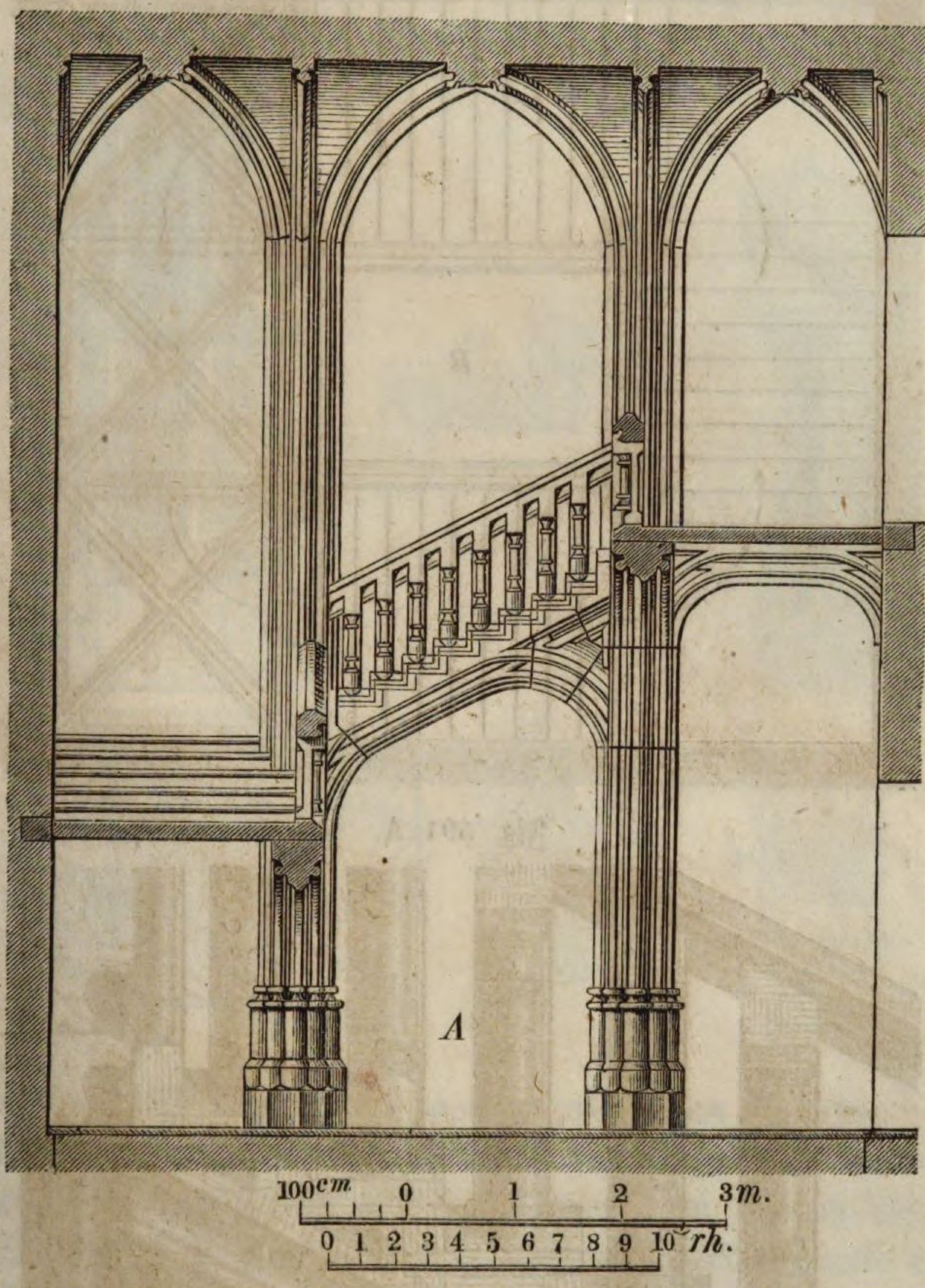


Fig. 591 D weicht von den Fig. 588 und 589 darin ab, daß in ersterer die Stufen aufgesattelt sind, weshalb auch die Wangen eine größere Höhe erhalten müssen.

c. Treppen, deren Stufen auf Gewölben und Wangen ruhen.

Diese Treppen wurden früher meistens in der Weise hergestellt, daß die verschiedensten Gewölbeformen in aufsteigender Richtung zur Unterstützung der Stufen dienten. Diese Constructionsweise ist noch jetzt vielfach in Anwendung, besonders bei solchen öffentlichen Gebäuden,

Fig. 590 B.

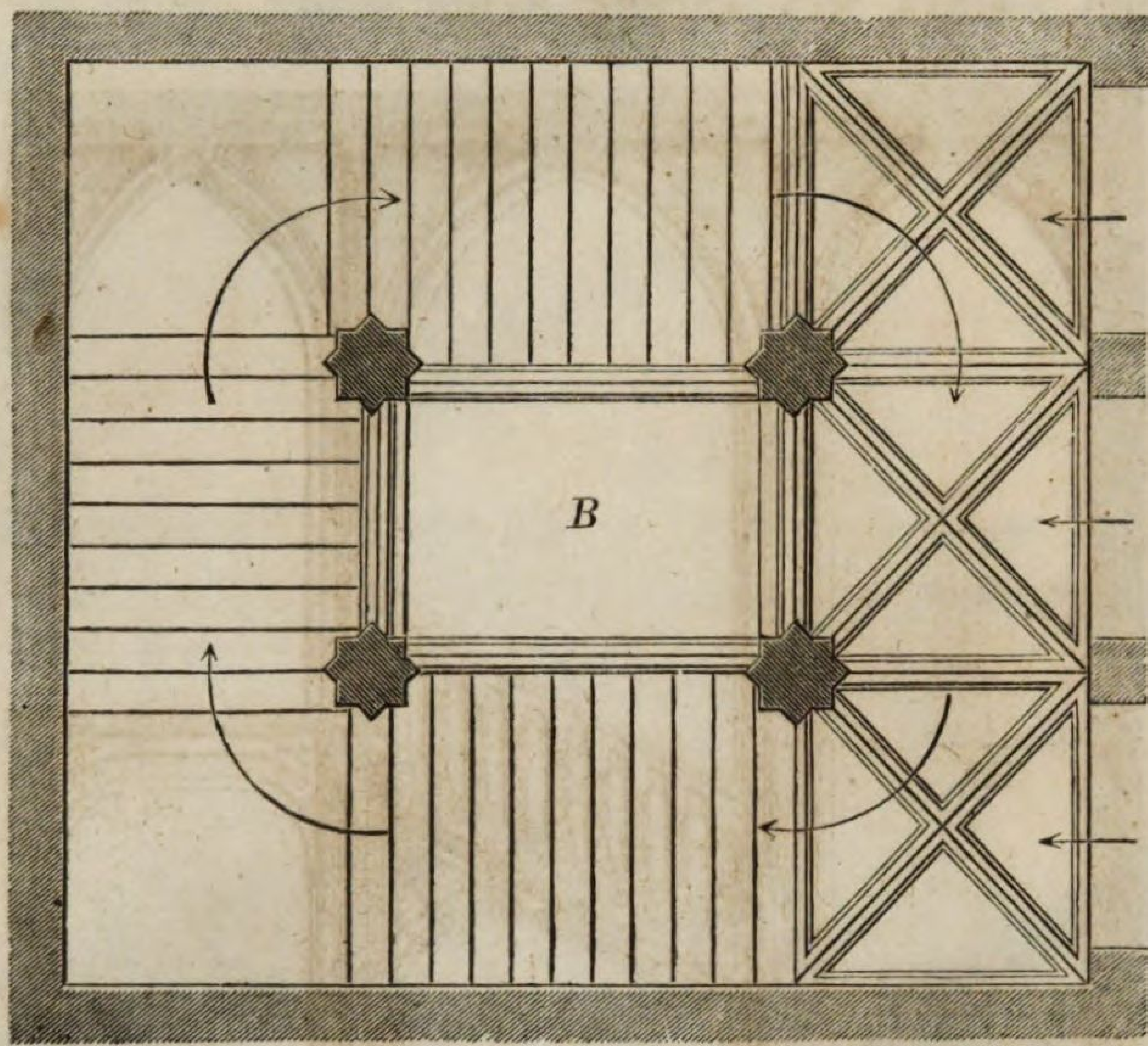
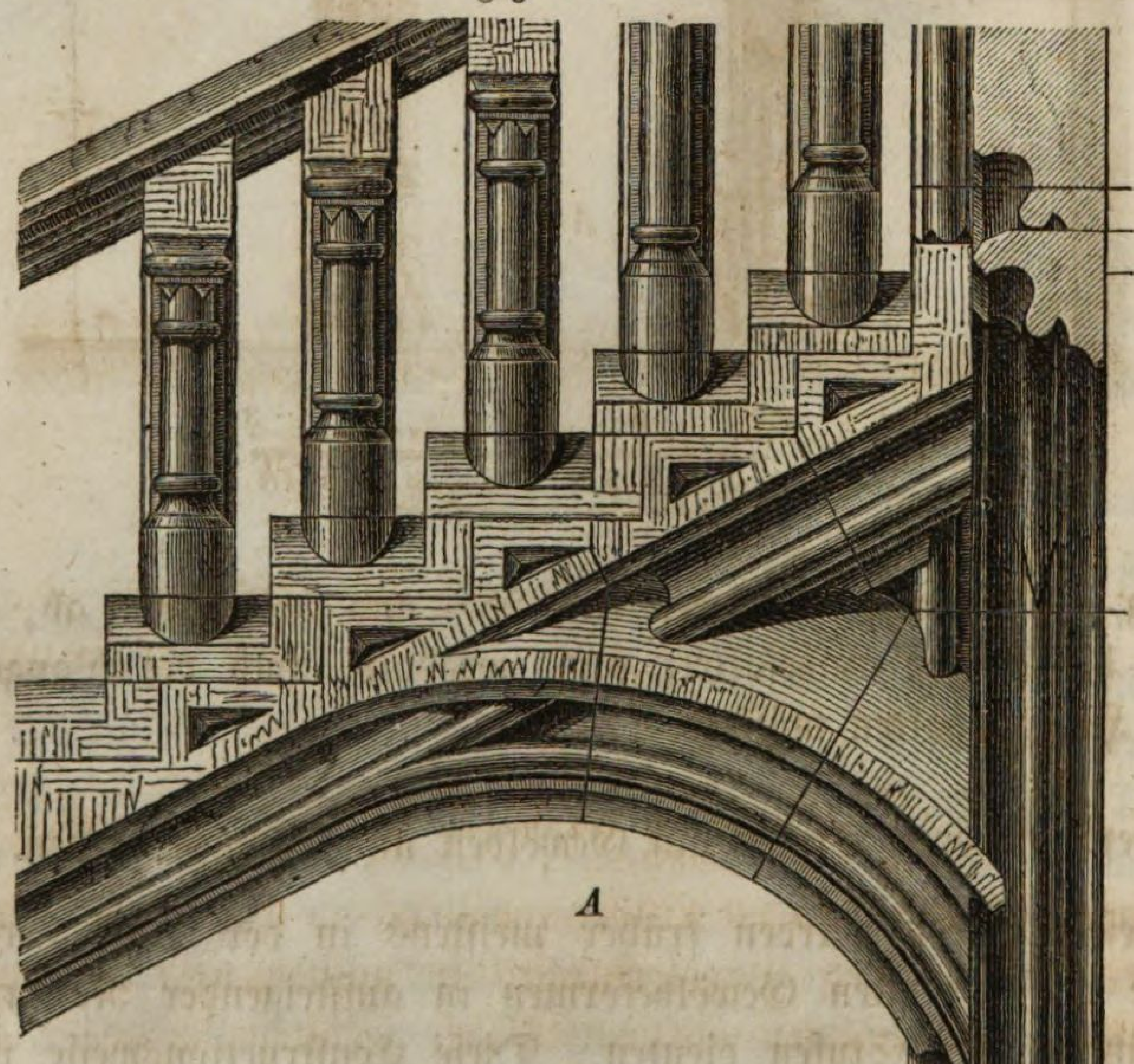
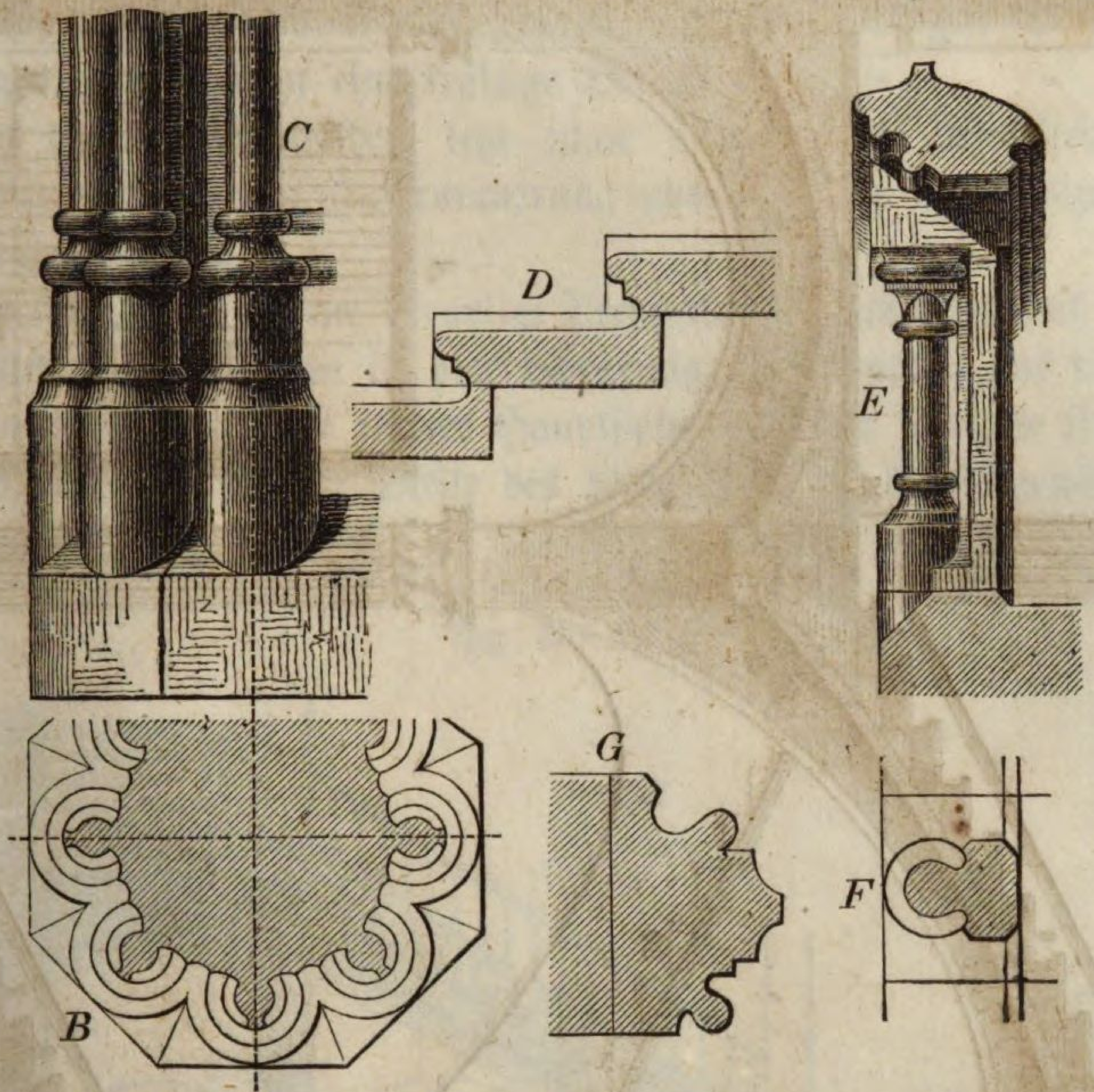


Fig. 591 A.



welche nur eine einarmige Haupttreppe erhalten und wo also die schwerfällige Unterwölbung nicht auffällig wird.

Fig. 591 B—G.



In bürgerlichen Gebäuden dagegen pflegt man in neuerer Zeit die unterwölbten Treppen auf andere Weise auszuführen, da die ursprüngliche Construction nicht nur größere Mauerstärken als die bei gewöhnlichen Wohnhäusern gebräuchlichen, verlangt, sondern auch den Bau beträchtlich theurer macht.

Es lassen sich alle Gewölbearten zur Unterwölbung der Treppen, wie schon erwähnt, benutzen und wollen wir daher im Nachstehenden die gebräuchlichen Anordnungen erläutern.

Die Construction Fig. 592 findet man häufig in öffentlichen Gebäuden. Es ist dies eine derartige Treppe, deren Außenwangen aus $1^1/_2$ Stein starken einhüftigen Bögen bestehen, zwischen denen und der Treppenhausmauer sind aufsteigende böhmische Gewölbe gespannt. Die Podestfelder werden ebenso eingewölbt.

Die sämmtlichen böhmischen Gewölbe werden von halbkreisförmigen

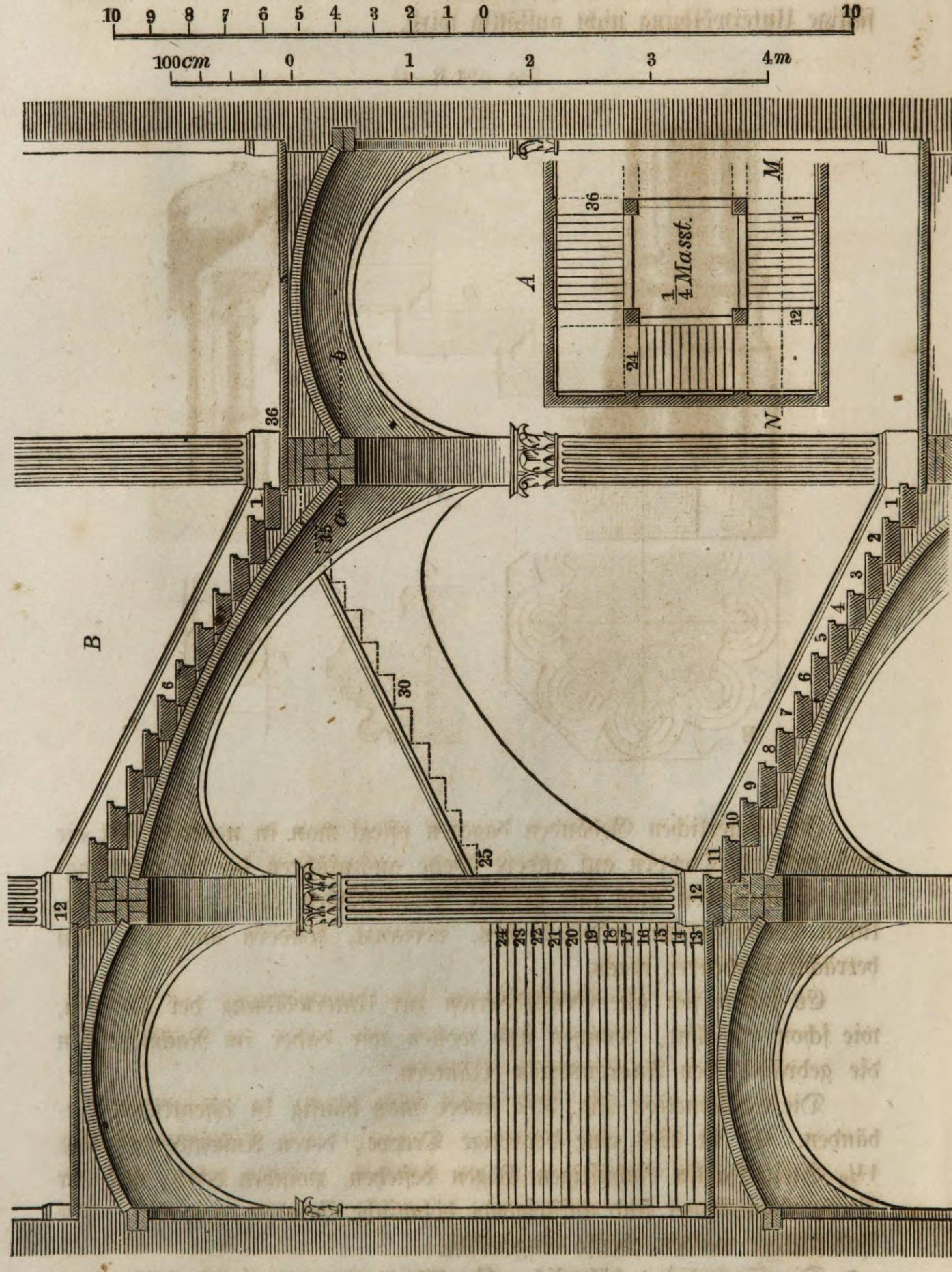


Fig 592.

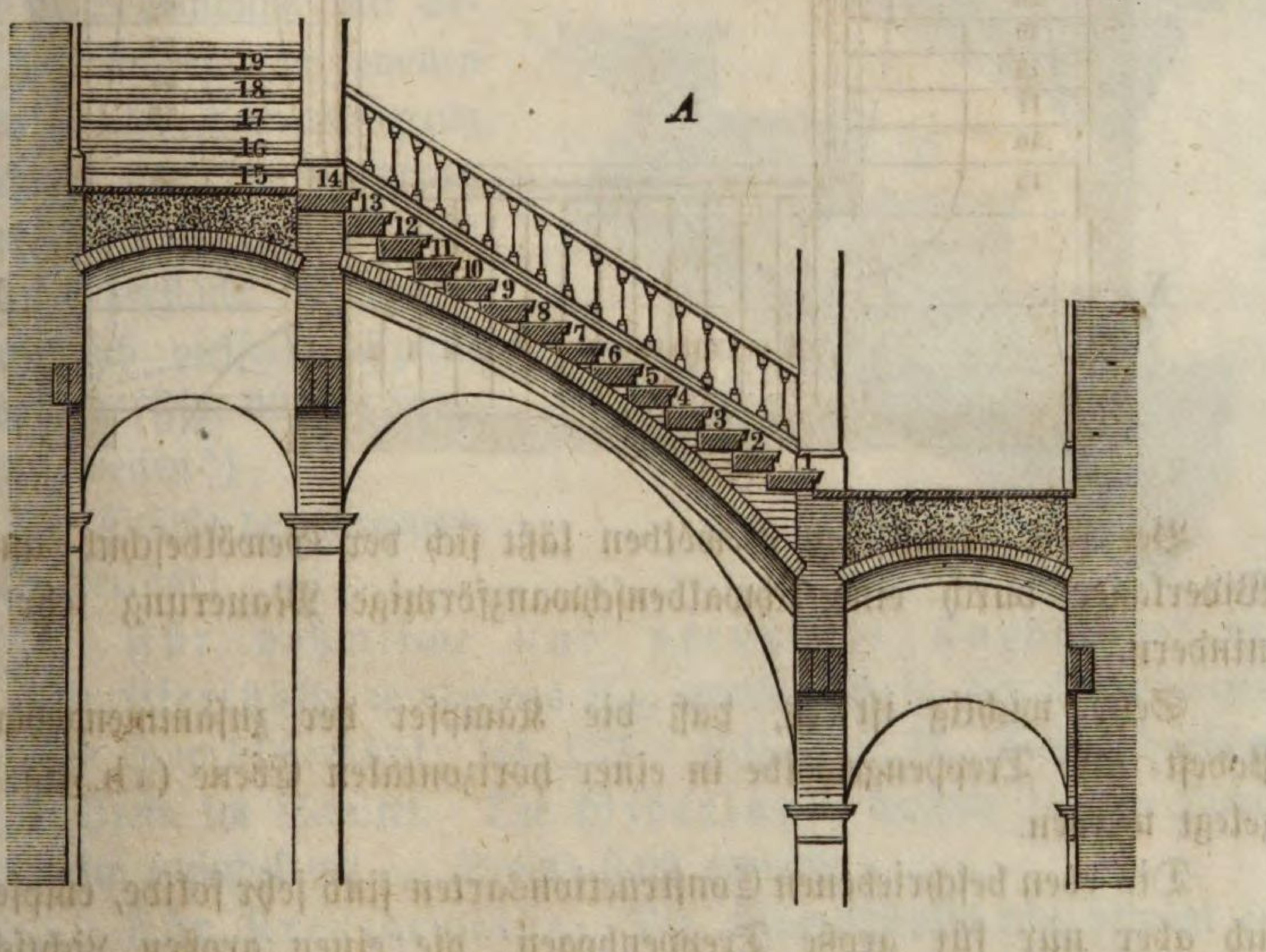
Bögen, welche zugleich als Schildbögen dienen, getrennt. Die einhüftigen und halbkreisförmigen Bögen ruhen auf massiven Säulen oder Pfeilern.

Die böhmischen Gewölbe haben $1/2$ Stein Stärke und damit die Umfassungsmauern und Wangen einen möglichst geringen Seitenschub empfangen, ordnet man eine kräftige Verankerung an.

Auf die Gewölbeflächen legt man alsdann die Werksteinstufen, welche durch genügende Untermauerung unterstützt, in der horizontalen Lage liegen können.

Fig. 593 AB zeigt eine derartige Treppenanlage im Grundriß und in der Ansicht. Die Treppe ist hier vierarmig angenommen und die Construction derselben weicht in der Hauptsache von der vorigen Fig. 592 nicht ab, nur ist hier, an Stelle des böhmischen, ein Klostergewölbe zur Anwendung gekommen.

Fig. 593 A.

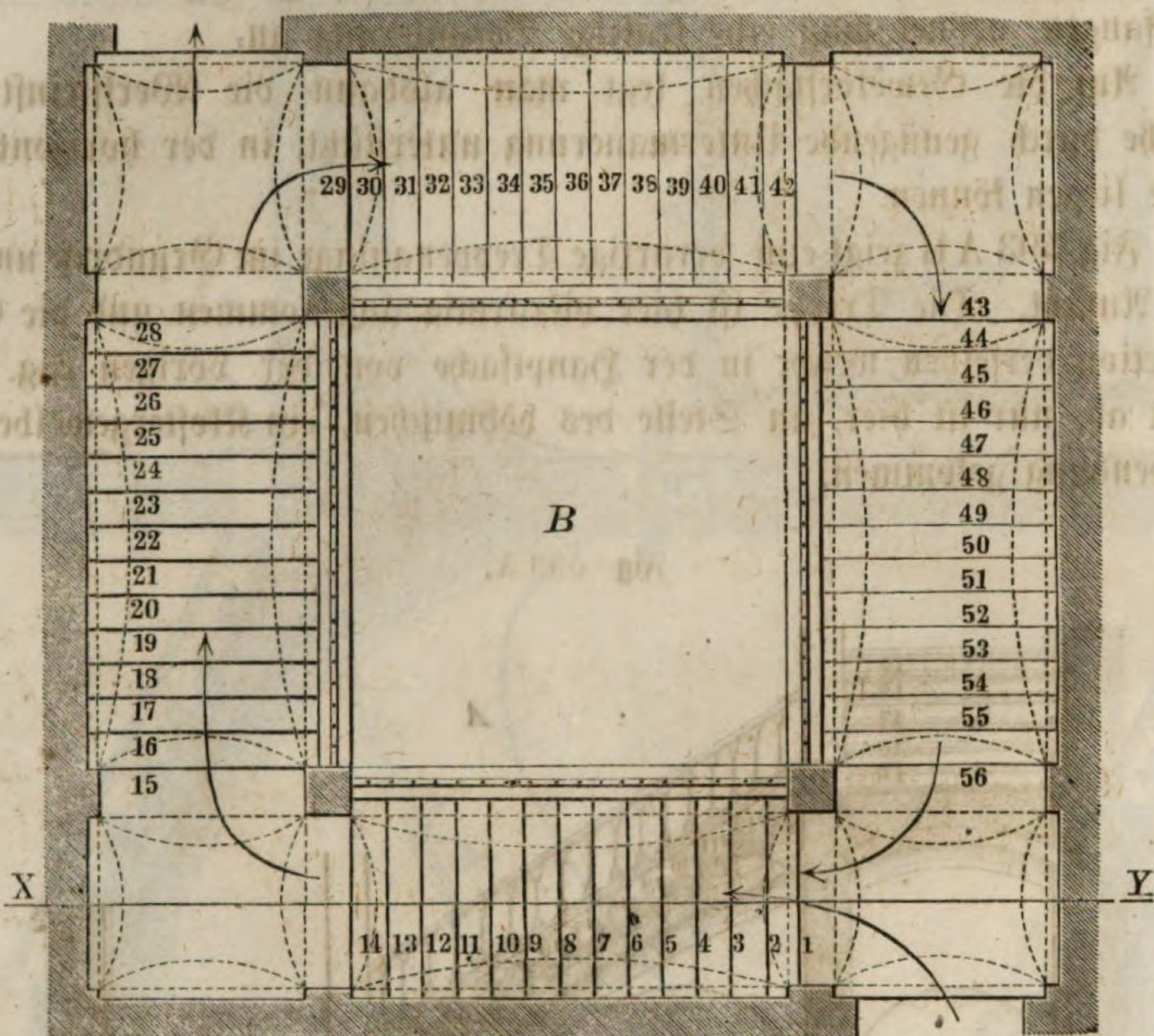


Da das Klostergewölbe einen bedeutenden Druck auf die Widerlagsmauern ausübt, so wird eine Verankerung des einhüftigen Bogens mit den Umfassungsmauern des Treppenhauses unbedingt nöthig.

Außer dem Klostergewölbe bedient man sich sehr häufig, besonders bei Ausbildung der Treppen in gothischem Styl, des aufsteigenden

Kreuzgewölbes*) Dasselbe hat mancherlei Vorzüge, namentlich macht die Fortpflanzung des Gewölbeschubes in der diagonalen Richtung eine größere Stärke der Widerlagsmauern nicht zur Bedingung.

Fig. 593 B.



Bei den böhmischen Gewölben läßt sich der Gewölbeschub auf die Widerlager durch eine schwalbenschwanzförmige Mauerung sehr vermindern.

Sehr wichtig ist es, daß die Kämpfer der zusammengehörigen Podest- und Treppengewölbe in einer horizontalen Ebene (a b. Fig. 592) gelegt werden.

Die eben beschriebenen Constructionsarten sind sehr solide, empfehlen sich aber nur für große Treppenbogen, die einen großen Lichtschacht umschließen.

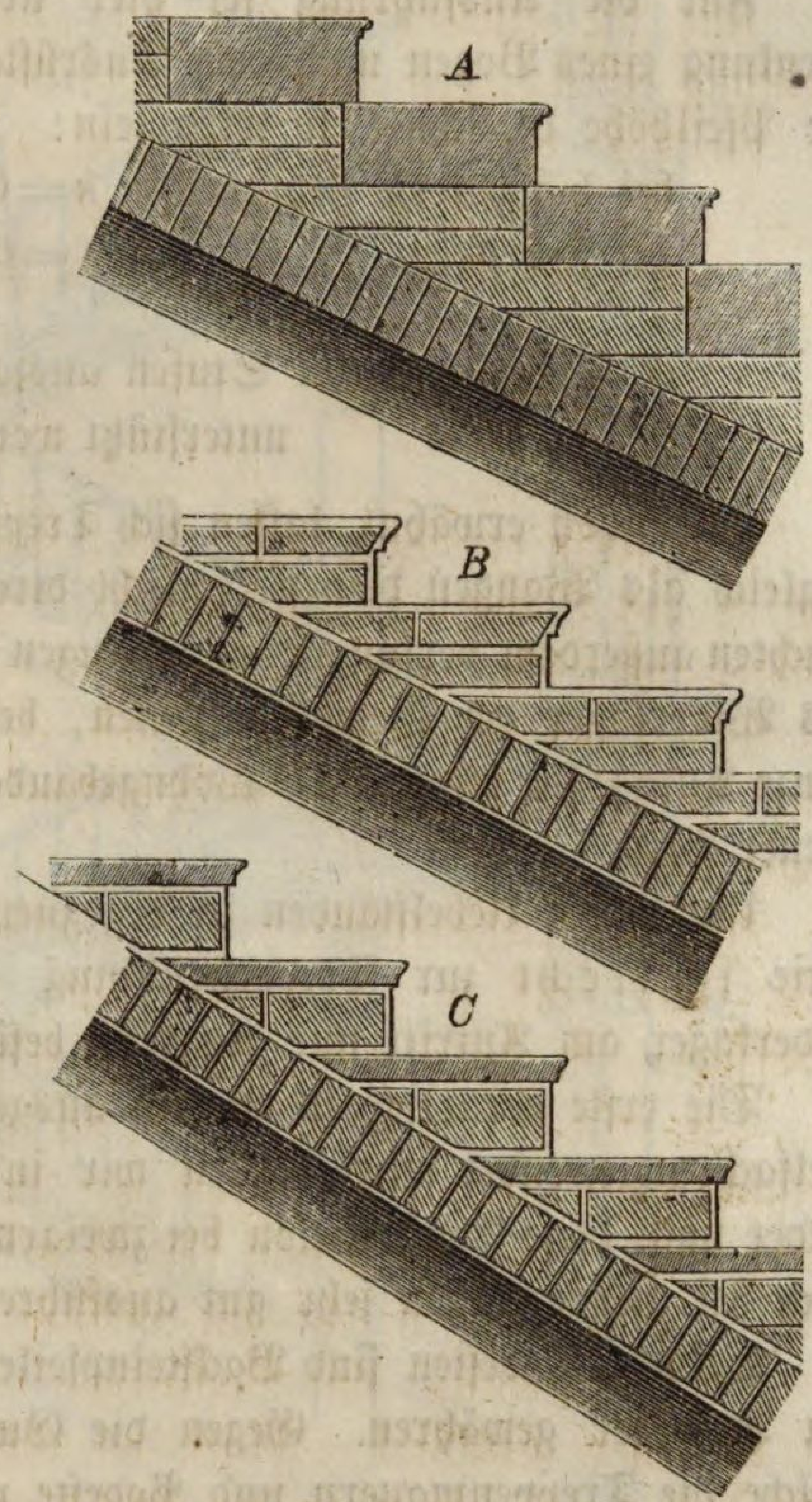
Neuerdings werden fast durchgängig flache Kappen bei den Treppen-

---

*) Ueber das Austragen der Schild- und Diagonalbögen des aufsteigenden Kreuzgewölbes siehe: Abth. VII. Hülfsconstructionen.

anlagen angewendet, wie sie in Fig. 594 A—C gezeigt sind. Die Zeichnung macht auch die verschiedenen Methoden zur Herstellung der Stufen sichtbar.

Fig. 594.



Die Stufen sind in Figur 594 A aus Sandstein gefertigt und ruhen platt aufeinander, wobei die Zwischenräume eine Hintermauerung erhalten.

An Stelle des Sandsteines kann man auch, wie wir später sehen werden, Backsteine mit Cementüberguß zu der Stufe verwenden.

Fig. 594 B zeigt ein Verfahren, wie gewöhnliche Backsteine in Verbindung mit Cement zur Anwendung kommen können. Der Cementüberzug ist jedoch von keiner langen Dauer, wird auch mit der Zeit an der Oberfläche sehr glatt, so daß sich vielfach hölzerne Deckbohlen (Fig. 594 C) practischer erweisen*)

Die Stärke der Treppengewölbe beträgt:

Für böhmische und preußische Kappengwölbe. Die Pfeilhöhe mindestens $^1/_{12}$, gewöhnlich $^1/_8$ der Spannweite. Die Gewölbestärke bis 1,75 m ($5^1/_2$') = $^1/_2$ Stein, darüber 1 Stein im Scheitel. Die Widerlager werden $^1/_3$ der Lichtweite (mindestens $^1/_2$ Stein) stark gemacht.

Für Kreuzgewölbe. Die Gewölbestärke beträgt in den Kappen immer $^1/_2$ Stein. Die Grate werden bis 1,75 ($5^1/_2$') Lichtweite 1 Stein, darüber $1^1/_2$ Stein stark gemacht. Die Widerlagsstärke wird $^1/_4$ — $^1/_5$ der Diagonale angenommen; bei

*) Siehe auch Fig. 601—604.

hohen Widerlagern ist die Höhe derselben ebenfalls zu berücksichtigen, und zwar liegen dieselben höher als 2,5—3,14 m (8—10'), so kann man die Stärke um $^1/_8 - ^1/_{10}$ der Höhe vermehren.

Für die Ausführung sei hier noch bemerkt, daß wenn (s) die Senkung eines Bogen nach dem Ausrüsten, (w) die Spannweite und (h) die Pfeilhöhe bezeichnet, so wird sein:

bei hängenden Lehrgerüste s = 0,01 bis 1,02 (w—h),
bei stehendem " s = 0,005 bis 0,01 (w—h).

d. Treppen, deren Stufen ausschließlich von Gewölben unterstützt werden.

Wie schon erwähnt, lassen sich Treppen mit hüftigen Bögen, welche zugleich als Wangen dienen, schlecht direct durch einfallendes Licht erleuchten außerdem verlangen die Wangen und Umfassungsmauern, da sie als Widerlager der Gewölbe dienen, bedeutende Stärke, wodurch die ganze Anlage für bürgerliche Wohngebäude leicht schwerfällig aussieht und theuer wird.

Um diesen Uebelständen zu begegnen legte man die Gewölbescheitellinie senkrecht zur Treppenrichtung, so daß sich nun die Kappenwiderlager am Antritt und Austritt befinden.

Die erste derartige in Berlin ausgeführte Treppenanlage, die jetzt vielfach angewendet wird, geben wir in Fig. 595 AB. Am häufigsten findet man diese Construction bei zweiarmigen Treppen, doch läßt sie sich auch bei mehrarmigen sehr gut ausführen.

Bei den Podesten sind Backsteinpfeiler aufgestellt, die den Gurtbögen ein Auflager gewähren. Gegen die Gurtbögen legen sich die Kappen, welche die Treppenmauern und Podeste unterstützen sollen.

Eine wichtige Regel für dergleichen Gewölbe giebt an, daß die Widerlagslinien der Kappen in einer horizontalen Ebene, a—b (Figur 595 A) liegen müssen, damit die Fortpflanzung des Gewölbeschubes eine gleichmäßige sei.

Für die Stärke der aufsteigenden Kappe genügt ½ Stein, außerdem empfiehlt es sich sehr an den Seiten und in der Mitte des Treppenarmes einen Verstärkungsbogen von 1 Stein Stärke anzuordnen.

Fig. 595 A zeigt den Durchschnitt und die Ansicht einer derartigen Treppe. Der Raum zwischen der Podestkappe und dem Fußboden wird mit trockenem Sande ausgefüllt. Die Stufen können aus Sand- wie Backstein gefertigt werden. Der in diesem Beispiel zur Unterstützung

Fig. 595.

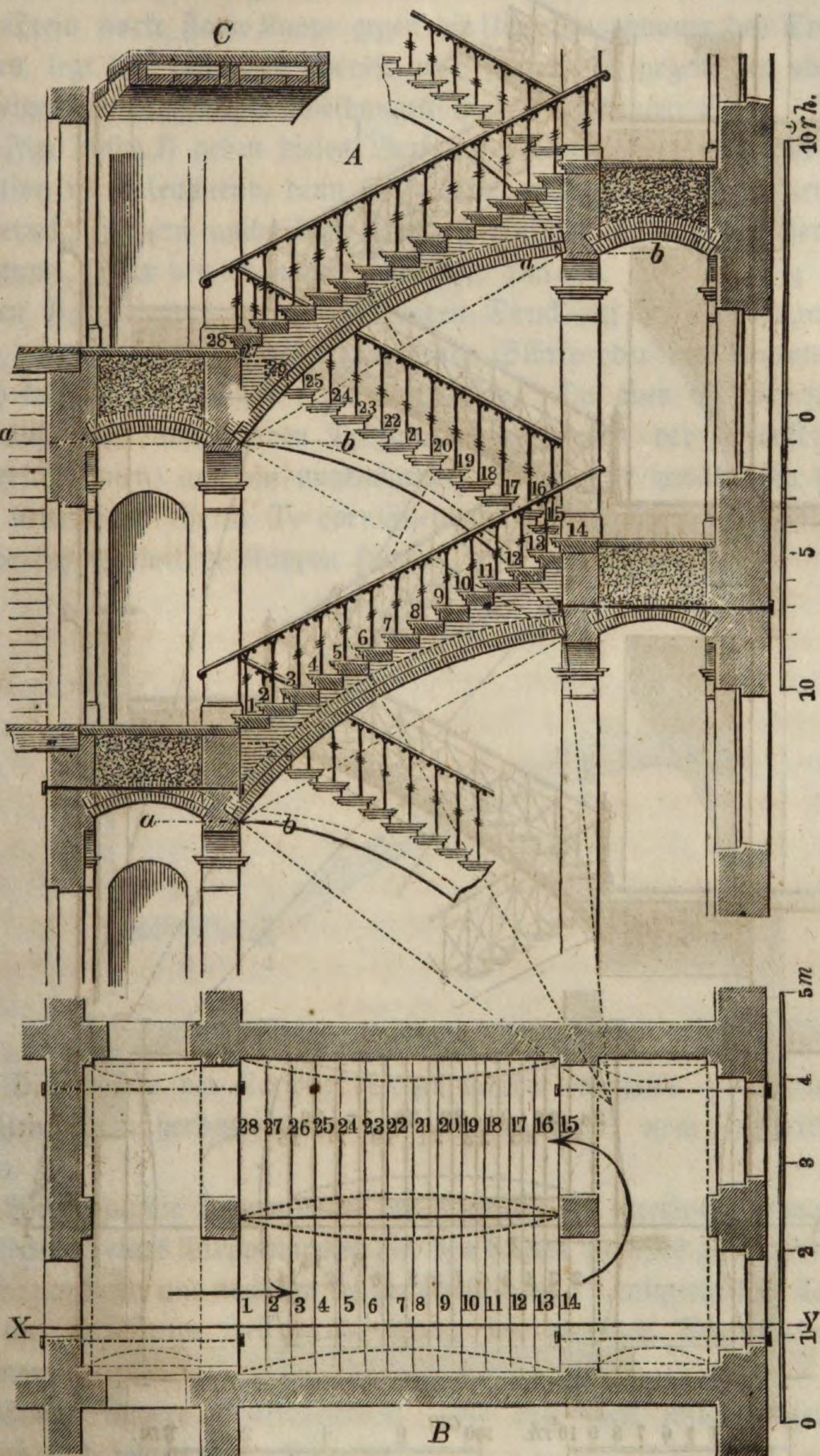
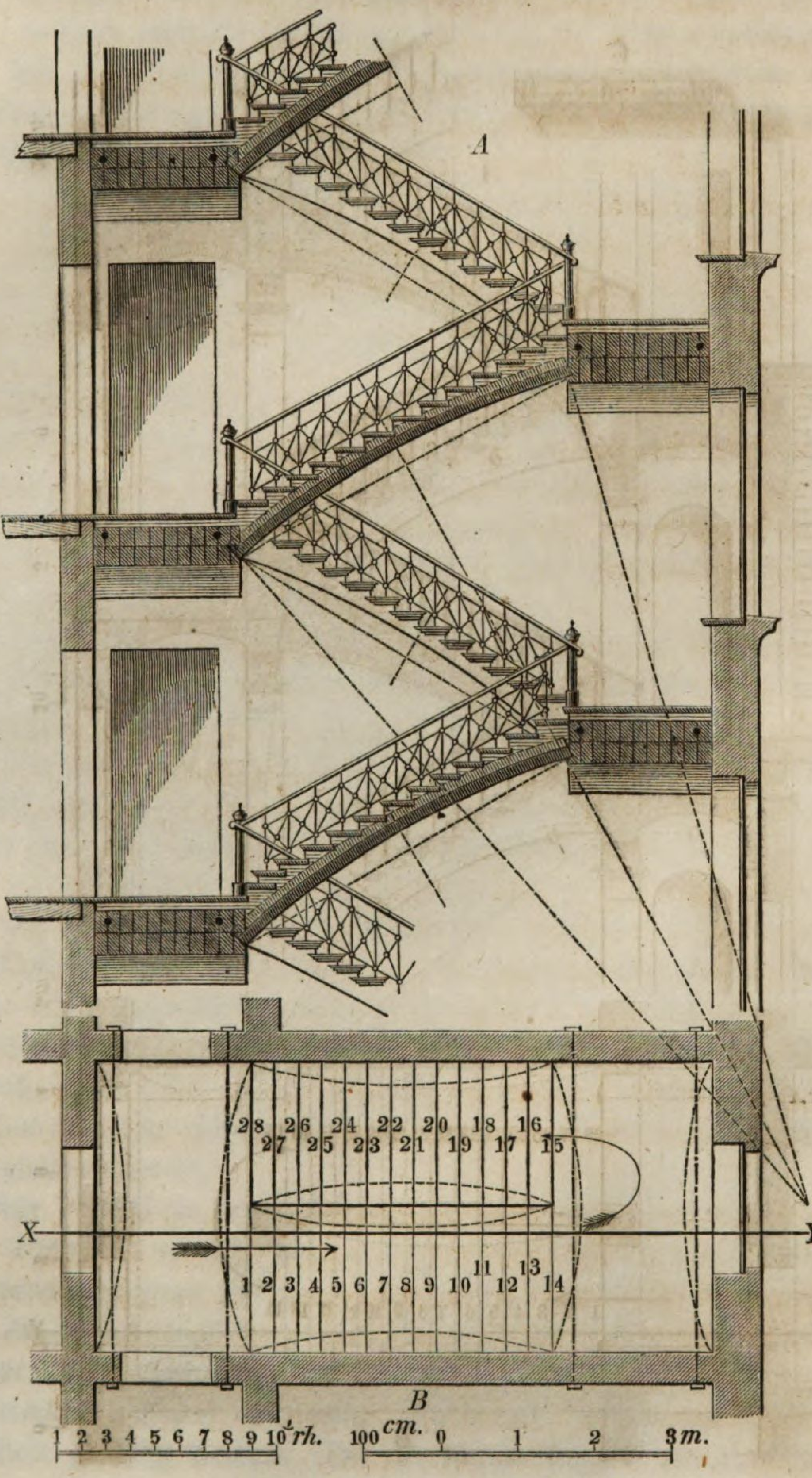

C
A
a
b
a
b
a
b
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
10m.
0
5
10
5m
4
3
2
1
0
28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
X
Y
B

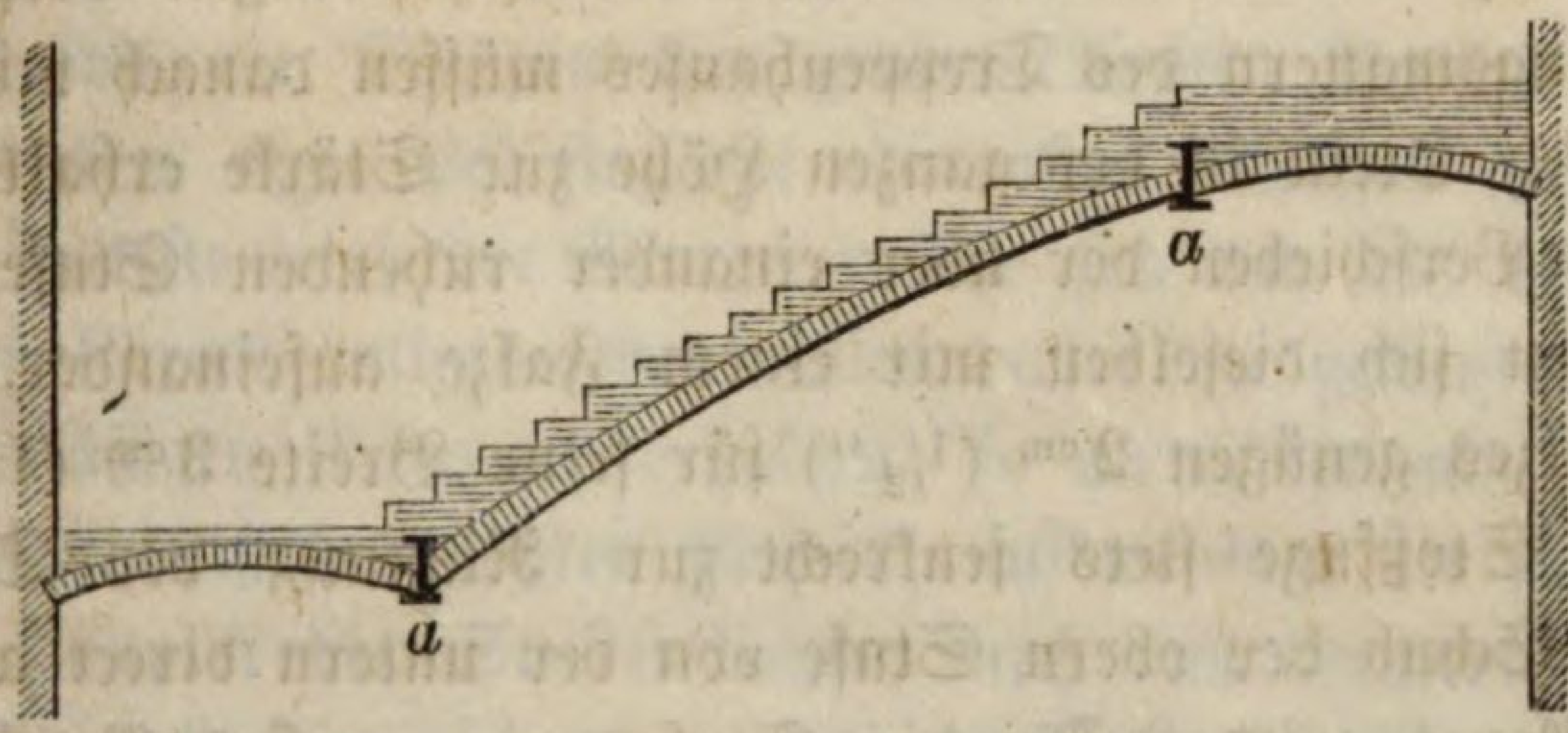
Fig. 596.


A
28 26 24 22 20 18 16
27 25 23 21 19 17 15
X
Y
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
B
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 rh.
100 cm. 0 1 2 3 m.

der Gurtbögen angeordnete Pfeiler wird neuerdigs zur Ersparniß von Raum fast immer weggelassen und wölbt man an seine Stelle eine $1^1/_2$ Stein starke flache Kappe gegen die Umfassungsmauer des Treppenhauses, legt auf diese den Podest und spannt hiergegen die ab- und aufsteigenden Treppenunterwölbungen in der erwähnten Weise.

Fig. 596 AB geben dieses Verfahren. Der Vortheil dieser Construction ist einleuchtend, denn sie gestattet nicht nur eine Ersparung an Material, sondern auch einen freieren Verkehr und eine bessere Beleuchtung. Nur den Nachtheil hat diese Anlage, daß die $1^1/_2$ Stein starken Podesttreppen einen bedeutenden Druck auf die Widerlager ausüben, weshalb diese entweder genügende Stärke oder eine Verankerung durch kräftige Zugstangen erhalten müssen. Da aber die Podesttreppe den auf- und absteigenden Treppenkappen (wegen der bogenförmigen Widerlagslinien) nur ein ungenügendes Widerlager gewährt, so wendet man neuerdings eiserne T- oder Eisenbahnschienen a Fig. 597 an, gegen welche sich sämmtliche Kappen stützen.

Fig. 597.



Die Stärke der Kappen beträgt hierbei ebenfalls $^1/_2$ Stein und erhalten sie außerdem unter dem Treppenarme noch Verstärkungsbögen.

Will man die Dimensionen der Eisenschienen berechnen, so muß man das Gewicht eines Treppenarmes und des halben Podestes gleichmäßig vertheilt annehmen und nach den früher Abtheilung IV. mitgetheilten Tabellen für die betreffende freiliegende Länge die nöthigen Dimensionen bestimmen.

Einige andere Constructionen, die den eben mitgetheilten sehr ähnlich sind zeigen Fig. 606—607.

e. Die freitragenden Treppen.

Die Stufen der bisher beschriebenen Treppen erhielten eine besondere Unterstützung, man kann dieselben jedoch auch freischwebend d. h. nur mit einem Kopfende vermauert anordnen.

Die große Festigkeit des Sandsteines begünstigt diese Constructionsweise ungemein, nur muß man darauf bedacht sein, daß die Stufenenden feste Auflagen erhalten.

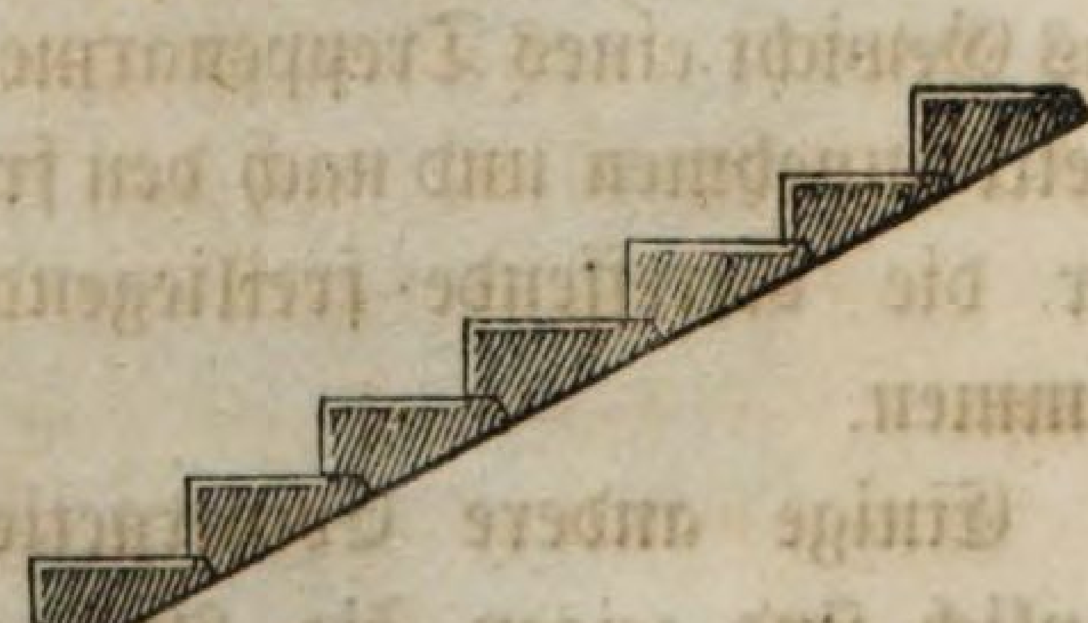
Man unterscheidet bei den freiliegenden Treppen solche mit und ohne Wangen. Die erstere Art ist den in Fig. 588—589 dargestellten Treppen ähnlich. Hierbei werden die einzelnen Stufen in eine Sandsteinwange eingelassen, oder die Wangenstücke befinden sich gleichzeitig an den Stufenköpfen.

Die freiliegenden Treppen ohne Wangen hingegen erhalten ihren Halt nur durch die Umfassungsmauer des Treppenhauses, sowie durch die gegenseitige Versteifung der einzelnen Stufen. Letztere stecken mit einem Kopfende ca. 16—30cm (6—12″) in der Mauer und zwar das letzte Maß bei kurzen, d. h. ein- oder zweistöckigen Treppen, sowie bei den obern Armen den Treppen in drei und vierstöckigen Gebäuden, und das erstere Maß bei den untern Armen der mehrstöckigen Treppenhäuser. Die Umfassungsmauern des Treppenhauses müssen danach mindestens 2′ am besten 2½ Stein in der ganzen Höhe zur Stärke erhalten.

Um das Verschieben der über einander ruhenden Stufen zu verhindern, setzen sich dieselben mit einem Falze aufeinander. Für die Höhe des Falzes genügen 2cm (½″) für seine Breite 3cm (1″). Hierbei muß die Stoßfuge stets senkrecht zur Richtung der Treppe sein wodurch der Schub der obern Stufe von der untern direct aufgefangen und fortgepflanzt wird. Da die Stufen ein großes Gewicht haben, also mit dem Gewicht auch der Schub zunimmt, so pflegt man, um die Belastung zu vermeiden, die untere Fläche in der Richtung des Treppenhauses wegzuarbeiten. Hierdurch erscheint die ganze Anlage ungemein kühn und elegant.

Fig. 598 giebt den Querschnitt einiger Stufen einer derartigen Treppe.

Fig. 598.



Die einfachsten derartigen Treppen bestehen aus graden Armen, welche durch Podeste ꝛc. mit einander in Verbindung stehen. Zu den Podesten verwendet man entweder große starke Sandsteinplatten,

oder wo diese schwer zu beschaffen und theuer sind, unterwölbt man auch den Podest und deckt ihn mit dünnen Platten ab. (Siehe Fig. 615 und 616.)

An Stelle der graden Arme kommen aber auch häufig Wendeltreppen vor, die dann entweder mit hohlem oder vollem Kerne gebaut werden. Letztere Art kommt jetzt nur noch selten, bei Thürmen und Nebentreppen vor. Dieser volle Kern oder die Spindel besteht dann entweder aus Sandstein und befinden sich dann die einzelnen Trommeln gleichzeitig am schmalen Kopfende der Stufe, oder sie werden aus Backsteinen gemauert, wobei die Kopfenden der Stufen nur $^1/_2$ Stein in die Spindel eingelassen werden. Solche Spindeln müssen aber mindestens $2^1/_2$ Stein zum Durchmesser erhalten.

Häufiger gelangen die freitragenden Treppen mit hohlen Spindeln zur Verwendung, da diese leichter zu ersteigen und zweckmäßiger sind.

Hierbei bildet die untere Seite der Stufen eine gleichmäßig aufsteigende windschiefe (schraubenförmige) Fläche, die sich längs der ganzen Treppe erstreckt und eine beliebige Anzahl ganzer Windungen machen, oder mit einer ganzen oder theilweisen Windung schließen oder anfangen kann.

Ebenso wie die Treppen mit graden Armen können die Wendeltreppen mit oder ohne Podeste, mit oder ohne Wangen gebaut werden. Durch die Podeste wird die Wange, welche sich um die hohle Spindel windet, sehr störend unterbrochen, sollen daher die gewendelten Treppen einen gleichmäßigen Schwung erhalten, so vermeidet man die Podeste.

Der Grundriß des hohlen Kernes, auf welchem die sichtbaren und profilirten Häupter der Stufen liegen, muß dem Grundrisse des Treppenhauses ähnlich sein, so zwar, daß diese Grundrisse entweder zwei concentrische Kreise oder zwei ähnliche unconcentrische Ellipsen bilden. Im letzten Falle sind daher die Stufen ihrer Länge nach von einander verschieden.

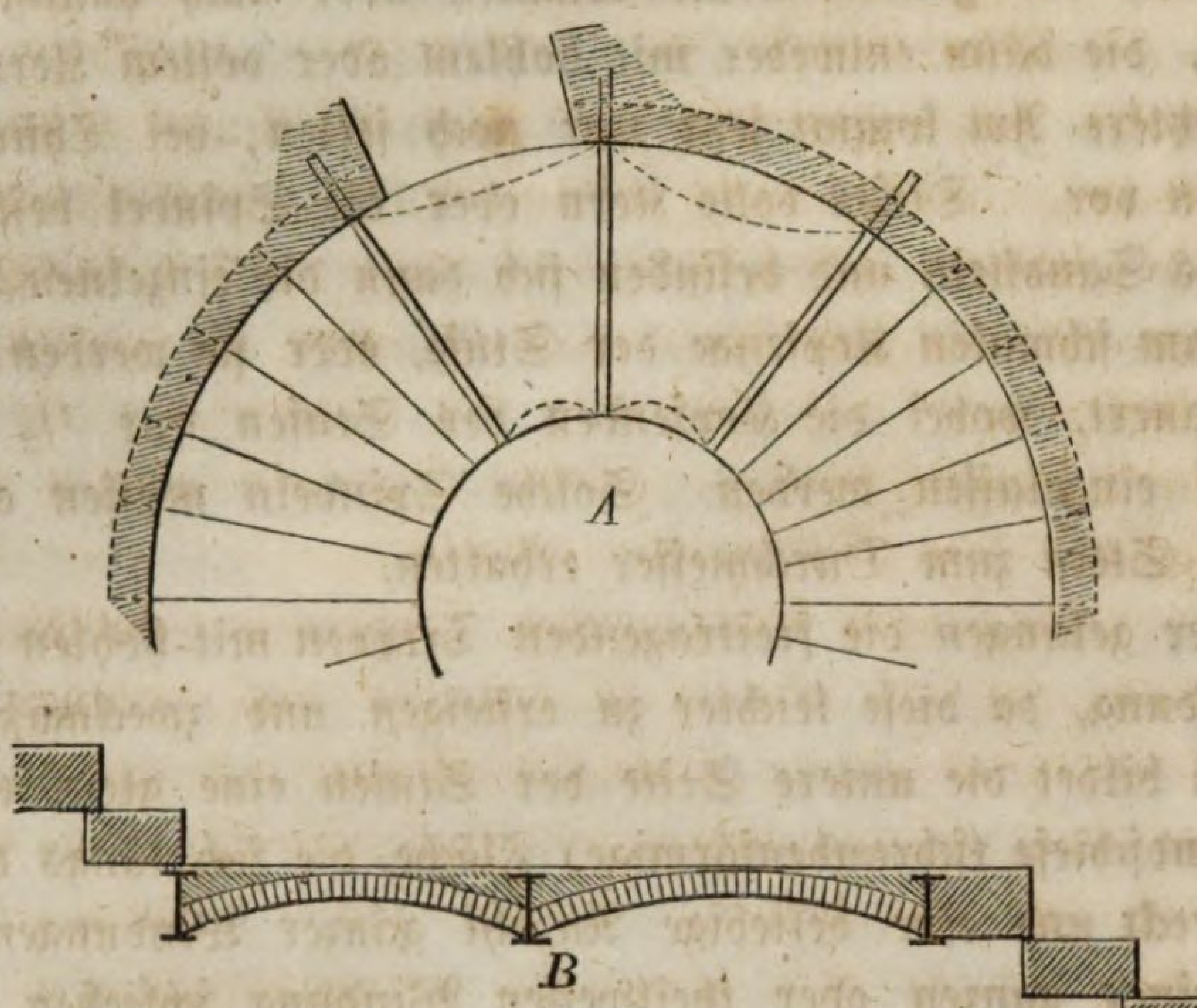
Die Länge der Stufen darf den dritten Theil des Treppenhausdurchmessers nicht überschreiten, sonst wird das Kopfende derselben in der Nähe der Wange zu schmal ausfallen, was erhebliche Unbequemlichkeiten veranlassen würde.

Der Aufriß einer Wendeltreppe ergiebt sich einfach aus den Kreuzungen oder Schneidungen der ausgetragenen zusammengehörigen Punkte der horizontalen und verticalen Projectionen.

In Fig. 599 A und B geben wir schließlich noch ein Beispiel einer

freitragenden Wendeltreppe, wobei ein Podest in der Windung vorkommt, welches entweder aus einer großen Sandsteinplatte, die hinreichend in

Fig. 599.



die Umfassungsmauer des Treppenhauses eingreift, bestehen kann oder auch aus Kappengewölben, die sich gegen T-förmige- oder Eisenbahnschienen legen.

Die massiven Treppen aus künstlichen Steinen.

Wie schon erwähnt wurde, hatte man in den letzten Jahren den Backstein in Verbindung mit schnellbindendem Mörtel, dem Portland-Cement, mit vielem Erfolg zur Nachbildung der Sandsteinstufen benutzt.

Die Construction dieser feuerfesten Treppen aus künstlichen Steinen betrifft im Besonderen die Herstellung der Stufen und Podeste und zwar kann dieselbe geschehen:

1. in besondern Formen oder auf chablonenartiger Zurüstung,
2. unmittelbar auf Rüstung und Schalung und
3. auf Unterwölbung.

Betrachten wir zunächst

Die Construction der Treppen; deren Stufen und Podeste in besonderen Formen oder auf chablonenartiger Zurüstung gefertigt werden.

In der Herstellungmethode haben diese Treppen viel Aehnlichkeit mit den früher beschriebenen Arten. Die einzelnen Treppentheile werden, nachdem sie in der Werkstätte fertig hergestellt sind, in derselben Weise verlegt wie die Hausteinstufen. Je nach dem angewendeten Materiale unterscheidet man:

a. Stufen aus Mauersteinen, Dachsteinen und Backsteinen.

Die hierzu erforderliche Zurüstung besteht aus einer kiefernen, etwa 8 cm (2″) starken, 36 cm (14″) breiten, oberhalb gehobelten Bohle, welche wagerecht auf zuvorgemauerten Pfeilern liegt. Statt dieser besonderen Aufmauerung, welche nur ein bequemes Anfertigen der Stufen gestattet, kann man sich auch jedes gut geebneten Fußbodens bedienen.

Nachdem die Unterlage mit Maculaturpapier belegt worden ist, werden die Stufen nach Schnur und Richtscheid von Mauersteinen in Cementmörtel gemauert. Die vier auf hoher Kante liegenden Mauersteinschichten wechseln der Länge nach im Verbande ab.

Nachdem der Mörtel in den Fugen gehörig erhärtet ist, werden die Seiten der Stufen geputzt.

Zum Mauern von Stufen, welche sich freitragen sollen, gehören 1 Theil Cement und 1 Theil Sand, zum Putzen aber 1 Theil Cement und zwei Theile Sand. Um die Stufen möglichst leicht zu machen bedient man sich der porösen oder hohlen Mauersteine.

An Stelle der Mauersteine finden auch Dachsteine Verwendung und sind diese noch vorzuziehen, da die vermehrte Cementmasse zwischen den Fugen eine größere Festigkeit bietet.

Zur Anfertigung einer Stufe wird die zusammengesetzte Form ohne Deckel und Boden, auf einem gedielten oder gepflasterten Fußboden, der vorher mit Maculatur-Schreibpapier bedeckt ist, gestellt. Auf die Papierunterlage breitet man eine Cementmörtelunterlage, aus 1 Theil Cement und 1 Theil Sand bestehend, ca. $2^1/_2$ cm (1″) stark aus und legt die zugerichteten Dachsteine mit der flachen Seite so neben einander, daß sie etwa 2 cm ($^3/_4$″) von den Formwänden entfernt bleiben. Hierauf folgt eine zweite Lage von Cementmörtel und darauf eine weitere im Verbande aufgeführte Dachsteinschicht. In dieser Weise wird bis zur gewünschten Stufenhöhe fortgefahren. (Fig. 600 und 601.)

Fig. 600.

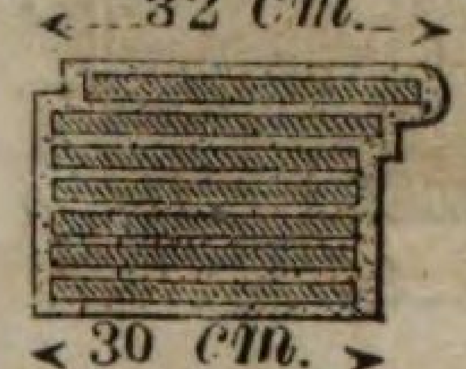
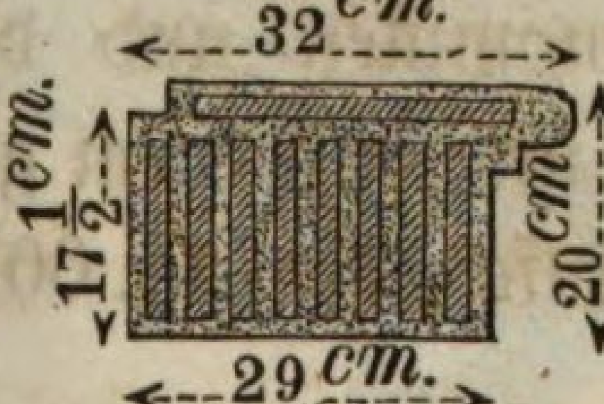


Fig. 601.



Ist der Cementmörtel an der Oberfläche des Putzes etwas erhärtet,

was kurz nach dem Binden des Cementes oder einige Stunden nach dem Mauern der Stufen einzutreten pflegt, so wird die Tritt- und Steigungsfläche mit einer Stahl- oder Glasplatte geglättet. Hierbei trägt man noch einen dünnen in reinem Wasser aufgelösten Cementbrei mit einem Pinsel auf.

Sind die gefertigten Stufen vollständig erhärtet, was im Sommer in drei bis vier Wochen geschieht, so können sie versetzt werden.

Statt der flachen Dachsteinschichten lassen sich auch die Dachsteine der Länge nach auf hoher Kante neben einander im Verbande versetzen.

b. Stufen aus Béton.

Seitdem bessere Cementarten zur Bearbeitung von Béton Verwendung finden, wird derselbe nicht allein zu Baulichkeiten über oder in der Erde und im Wasser benutzt, sondern auch zur Darstellung kleinerer Bautheile, wie Treppenstufen, Podeste und Trottoirplatten, Fliesen, Ableitungsröhren u. dergl.

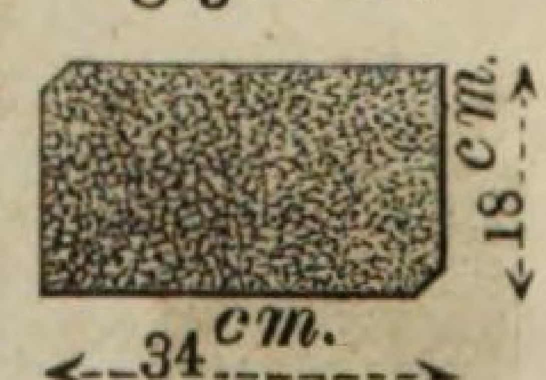
In Frankreich bedient man sich für Treppenstufen eines Bétons aus einem Theile natürlichem Cemente von Vassy oder Pouilly, 1 Theil scharfem Sande und 1 Theil Kies bestehend.

In England*) verwendet man ein Mischungsverhältniß von zwei Theilen Portland-Cement und 1 Theil scharfen Sand und Mauersteinstücke. In Berlin nimmt man Béton, je nach der Verwendung der Stufen aus 1 bis drei Theilen scharfen, von allen erdigen Theilen befreiten Sand, und zwar von feinem, mittlerem und gröbstem Korn (Kies) zu gleichen Theilen zusammengesetzt.

Diese Materialien werden trocken unter einander so gemischt, daß weder die Farbe des einen oder anderen wesentlich hervortritt. Diese Mischung wird sodann mit dem nöthigen Wasser zu Mörtel angerührt und in die Form, in Lagen von $5=7^1/_2$ cm (2—3″) Höhe eingeschüttet, ausgebreitet und mit einer hölzernen Ramme mäßig gestampft.

Die letzte Lage bleibt etwa $2^1/_2$ cm (1″) unter der Trittfläche der Stufe, welcher Raum sodann mit einem Mörtel, aus 1 Theile Cement und 1 Theil Sand bestehend, ausgeglichen wird. Nach einigen Stunden werden die Formtheile abgenommen und die Flächen mit Cementmörtel glatt geputzt und außerdem geglättet. Den Querschnitt einer solchen Stufe zeigt Fig. 602.

Fig. 602.



*) Die deutschen Cemente, besonders die aus Stettin und Bonn, stehen denen der französischen und englischen Fabriken durchaus nicht nach.

Eine andere Art zur Darstellung von Bétonstufen besteht in der Verwendung von Steinstücken, zu denen man den auf der Baustelle vorhandenen Mauer- und Dachsteinbruch von festen gut gebrannten Steinen benutzt.

Man bringt zunächst eine Lage Cementmörtel in die Form, legt darein ein Schicht zuvor angenäßten Steinbruchs in der Größe der zum Chausseebau gebräuchlichen Decklage, bringt eine zweite Cementlage darüber, drückt in diese wieder Steinbruch und zwar so, daß die vorhandenen Zwischenräume der untern Steinschicht möglichst ausgefüllt werden. In dieser Weise fährt man bis zur Vollendung der Stufe in der erforderlichen Höhe fort.

Fig. 603.



Fig. 603 zeigt einen Querschnitt dieser Stufen.

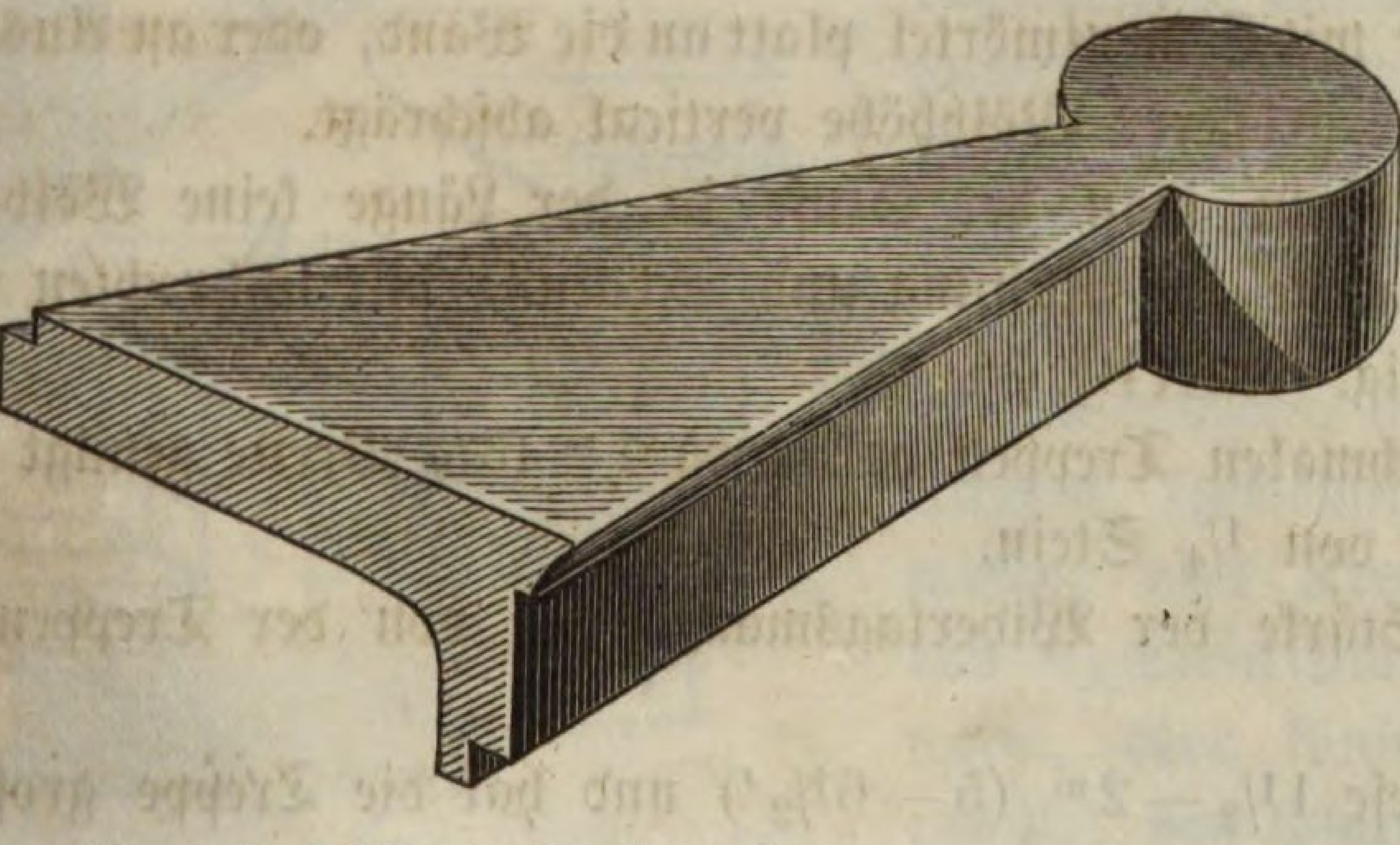
c. Stufen mit hohlem Querschnitt.

Anstatt die Stufen voll zu machen, können dieselben auch hohl hergestellt werden, wodurch sie, da man Material erspart, billiger werden. Auch trocknen die hohlen Stufen schneller aus und lassen sich daher eher versetzen.

Die hohlen Stufen kann man aus künstlichen Steinmassen, aus gebranntem Thon, aus Portland-Cement Platten und aus Hohlsteinen mit Cement herstellen.

Bei Treppen, die starke Erschütterungen auszuhalten haben, erhalten die Stufen der Länge nach, in Entfernung von $0{,}5^m$ ($1^1/_2{}'$) Querwände. Eine andere Construction, welche 604 zeigt, kann besonders bei freitragenden Treppen mit Vortheil angewendet werden. Es werden die Stufen aus Portland-Cement und Dachsteinen in Formen zusammengesetzt.

Fig. 604.



d. Herstellung der Podeste.

Soll die Ueberdeckung der Podestfläche in gleicher Weise wie mit Sandstein-Platten geschehen, so werden die Podestplatten durch Verbindung von Mauer- oder Dachsteinen durch Cementmörtel hergestellt.

Bei Stärken unter 16 ^{cm} (6″) legt man die Dachsteinschichten flach aufeinander. Platten in einer Stärke von 15—22 ^{cm} (6—7″) werden von Mauer- oder Dachsteinen auf hoher Kante gefertigt. Die Breite der Platten beträgt meistens 0,5—1 ^{m} (2—3′).

Construction der Stufen auf Rüstung und Schalung.

Die Herstellungsart dieser Stufen unterscheidet sich von der vorigen Methode dadurch, daß die Treppentheile nicht zuvor in den Werkstätten, sondern auf der Baustelle selbst, auf besonders hierzu errichteten Vorrichtungen (Rüstung und Schalung) gemauert werden.

Bei Treppenbreiten bis zu 2 ^{m} (7′), gestatten in gewöhnlichen Fällen vorhandene Seiten- und Wangenmauern das unmittelbare Einwölben des Stufenkernes, so daß jede Stufe eine flache Kappe von Mauersteinen auf hoher Kante bildet, deren Breite und Stärke durch den Auftritt und die Steigung der Stufen bedingt ist.

Das Aufstellen der Rüstung und das Einwölben der Stufen erfolgt erst, nachdem sich die Mauerung vollkommen gesetzt hat. Mit dem Einwölben der Stufen beginnt man von unten, während das Abdecken derselben mit Cement, Holzbohlen oder Platten von natürlichen Steinen von oben erfolgt. Die durch die Wölbungshöhe $2\frac{1}{2}$—4 ^{cm} (1—$1\frac{1}{2}$″), erhaltene Bogenlinie wird oberhalb mit Dachsteinstücken in Cement, unterhalb durch Putz ausgeglichen.

Gewöhnlich setzt man den ersten Steinen, ohne ein besonderes Widerlager mit Cementmörtel platt an die Wand, oder an Auskragungen, die man bei größerer Wölbhöhe vertical abschrägt.

Auch wenn man der Stufe in der Länge keine Wölbung giebt, mauert man sie auf Rüstung und Schalung mit lothrechten Stufen in Cement (Fig. 605 AB).

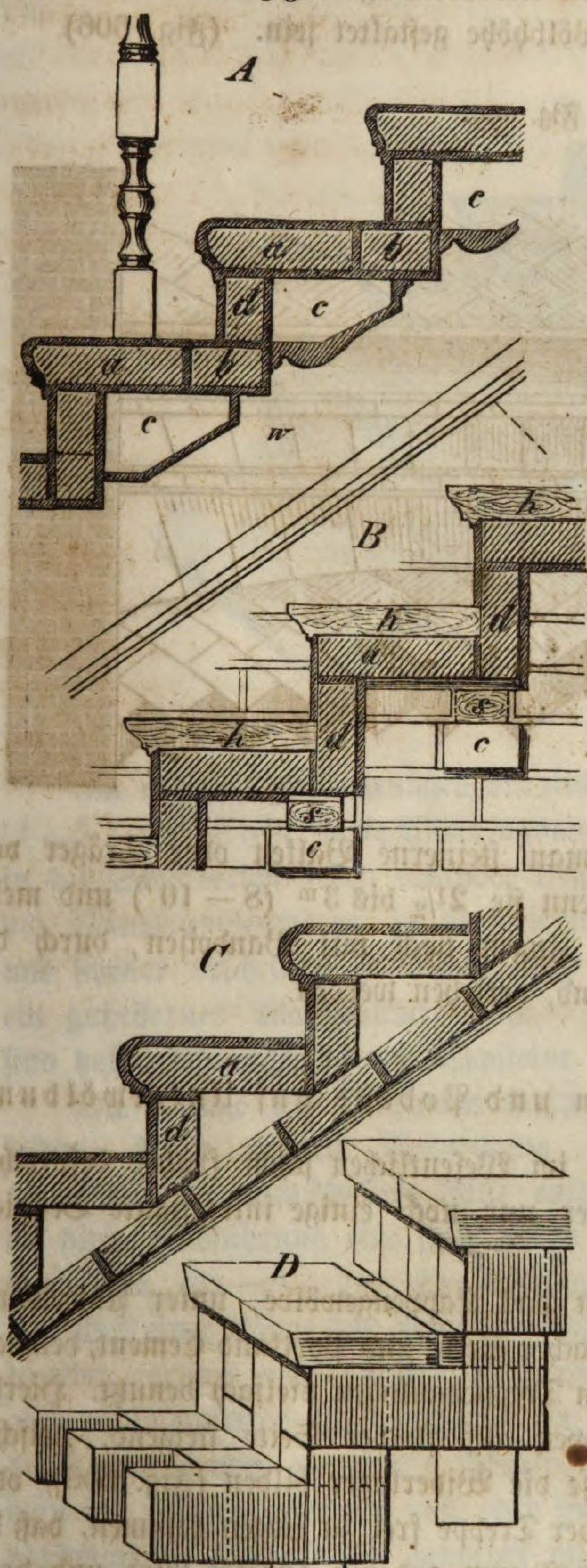
Bei schmalen Treppen von etwa 1 ^{m} (3′) Breite genügt sogar eine Mauerung von $\frac{1}{4}$ Stein.

Die Stärke der Widerlagsmauern ist von der Treppenbreite abhängig.

Ist diese $1\frac{1}{2}$—2 ^{m} (5—$6\frac{1}{2}$′) und hat die Treppe große Erschüt-

terungen auszuhalten[1], so werden die Widerlagsmauern 0,5^{m} (1,9″) stark von Mauersteinen in Kalkmörtel gemacht Bei Treppen in Wohngebäuden von 1 — 1¼^{m} (3 bis 4′) Breite, 3 bis 4 Stockwerke hoch, sind die Widerlagsmauern durchweg 2 Stein stark. Für die mittlere Wangenmauer genügt in einzelnen Fällen 1 Stein Stärke, wenn man Cementmörtel voraussetzt.

Fig. 605



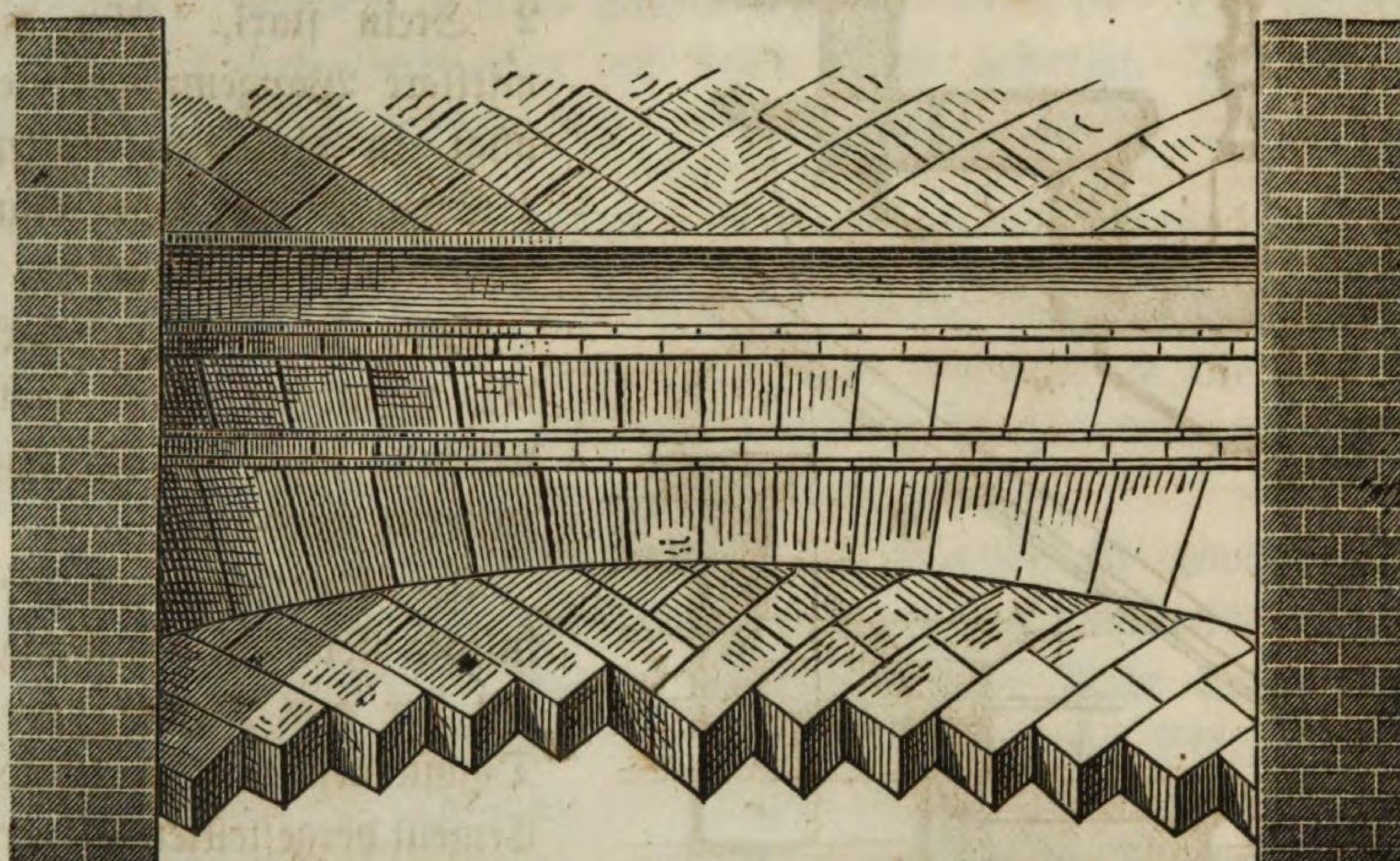
Etwa 5 — 6 Tage nach der Beendigung der Einwölbung kann die Rüstung entfernt werden.

Die überraschenden Resultate über die Tragfähigkeit der aus Mauer- oder Dachsteinen mit Portland-Cement hergestellten steinernen Balken gaben Veranlassung zum Bau von Treppen mit **gemauerten Wangen**, auf denen die Stufen ohne weitere Unterstützung ruhen. Dergleichen Wangenstücke lassen sich bogenförmig aufführen und unterstützen alsdann die Kopfenden der künstlich hergestellten Blockstufen.

Die **Podesträume** werden entweder mit flachen Kappen (gewöhnlich böhmische- oder Kreuzkappen) von ½ Stein Stärke unterwölbt, oder künstlich hergestellt, von Platten über-

deckt oder endlich mit einer, bei größern Dimensionen mit zwei Flachschichten von übereinander fliegenden Mauersteinen auf Rüstung und Schalung eingedeckt. Dergleichen Ueberdeckungen können entweder völlig horizontal oder mit geringer Wölbhöhe gestaltet sein. (Fig. 606).

Fig. 606.



In England construirt man steinerne Balken oder Träger von hohlen Mauersteinen, die, wenn sie $2^1/_2$ bis 3^m (8—10') und mehr freiliegen sollen, zwischen den Fugen noch mit Bandeisen, durch die ganze Länge des Balkens gehend, versehen werden.

Construction der Stufen und Podeste auf Unterwölbung.

Diese Constructionen sind im Wesentlichen schon früher besprochen worden, wir wollen daher hier nur noch einige interessante Beispiele dieser Art geben.

In neuerer Zeit hat man das Kappengewölbe, unter Anwendung von guten Mauersteinen auf flacher Seite und Portland-Cement, demnach nur $6{,}5^{cm}$ ($2^1/_2$'') stark zu den Treppenanlagen vielfach benutzt. Hierbei ordnet man entweder die Kappen auf flacher Seite steigend, zwischen Seitenmauern so an, daß diese die Widerlager bilden (Fig. 606), oder wenn eine oder zwei Seiten der Treppe frei zu liegen kommen, daß die Kappe steigend von einem Podest zum anderen gewölbt wird und dem-

nach die Gurtungen oder die Untermauerung der Podeste die Widerlager bilden. (Fig. 607).

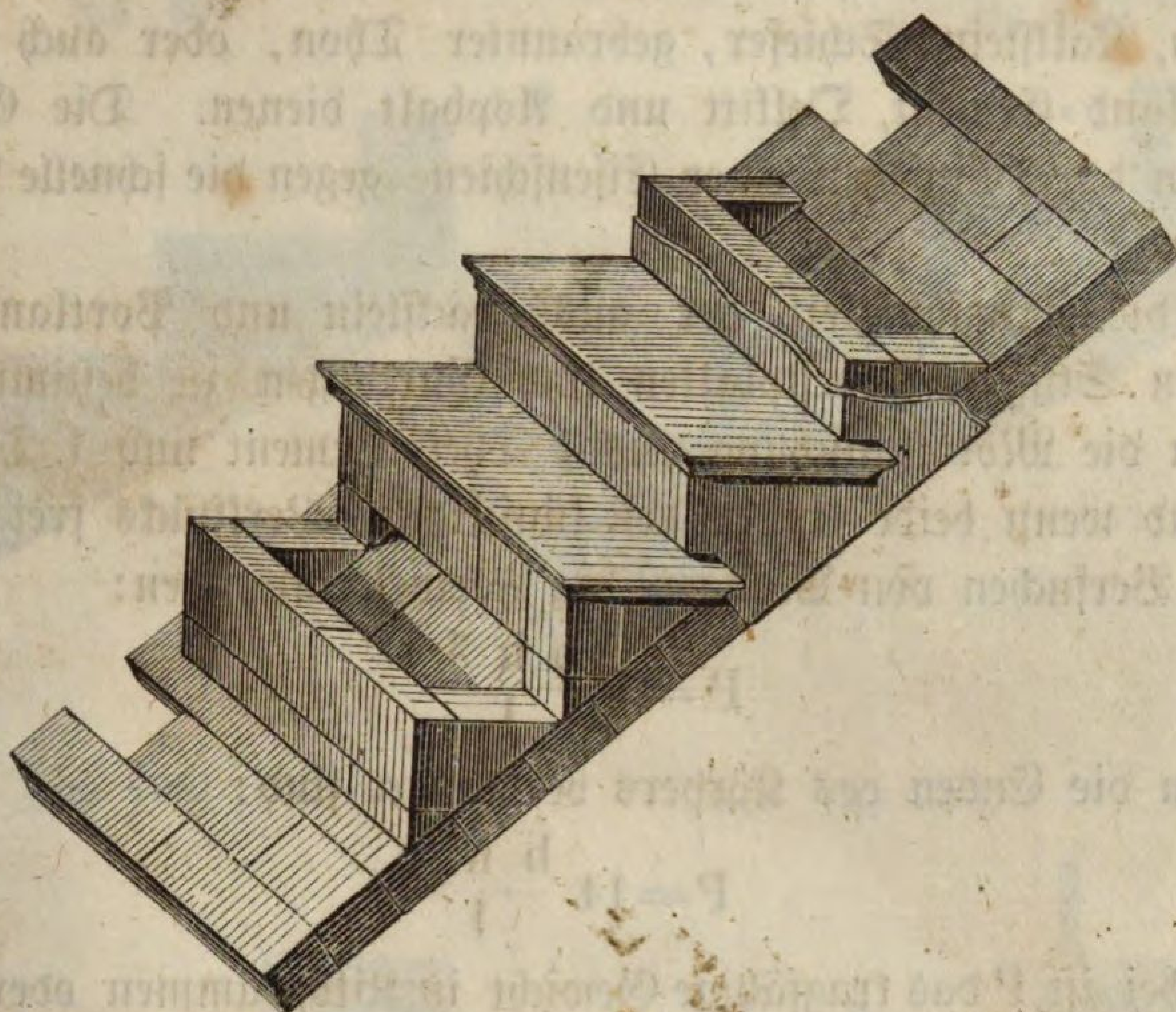


Fig. 607.

Im ersteren Falle genügen bei einer Treppenbreite von 1,5 — 1,7 m (4—5′) zwei Stein starke Widerlagsmauern. Bei Treppen, deren Läufe in den Stockwerken neben einander liegen, hat man, um die Aufführung der Mittelrampenmauer zu vermeiden und die Treppe dadurch freier und schöner erscheinen zu lassen, das Widerlager für die Kappe durch ein gußeisernes Wangenstück ersetzt. Zur Einwölbung dieser Kappen sind hohle Mauersteine und Topsteine zu empfehlen.

Die Anlage der steigenden Kappe, deren Widerlager die Podeste bilden, findet vielfach Anwendung, da stärkere Seitenmauern als $1^1/_2$ Stein, für gewöhnliche Fälle entbehrlich sind und da die Treppe bei dieser Ausführung eine freie schöne Ansicht gewährt. Die Wölbhöhe beträgt ca. $^1/_{18}$ — $^1/_{24}$ der Spannweite.

Bei einer Länge der Podestgurtbögen von $2—2^1/_2$ m (7—8′) und darüber, ordnet man an den Seitenmauern entweder Pfeiler-Vorlagen oder consolenartige Auskragungen an, oder man unterstützt die Gurte durch eiserne oder gemauerte Säulen. Auf diese Unterwölbung mauert man die Stufen entweder voll oder hohl. Letzteres geschieht dergestalt, daß man die Mauersteine entweder mit centralen Stoßfugen (Fig. 606)

oder mit lothrechten (Fig. 607) auf die Unterwölbung setzt und darauf die Deckplatte legt.

Zum Bedecken der Stufen und Podeste aus künstlichen Steinen können Platten von verschiedenen Materialien, also Marmor, Granit, Sandstein, Kalkstein, Schiefer, gebrannter Thon, oder auch Ueberzüge von Portland-Cement, Oelkitt und Asphalt dienen. Die Gußmassen pflegt man durch Einsetzen einer Eisenschiene gegen die schnelle Abnutzung zu schützen.

Um die Tragfähigkeit der aus Backstein und Portland-Cement bestehenden Stufen, Podestplatten und Gurtbögen zu bestimmen, läßt sich, wenn die Mörtelmischung aus 1 Theil Cement und 1 Theil Sand besteht und wenn beide Enden des künstlichen Werkstücks frei aufliegen, nach den Versuchen von Manger, die Formel anwenden:

$$P = 7 \frac{b h^2}{l}$$

und, wenn die Enden des Körpers vermauert sind:

$$P = 14 \frac{b h^2}{l}$$

Hierbei ist P das tragfähige Gewicht in Kilogrammen oder Pfunden bei der Belastung in der Mitte, ferner bezeichnet:

b die Breite in Centimetern, resp. Zollen,

h die Höhe in Centimetern, resp. Zollen,

l die Länge in Metern, resp. Fußen.

Außerdem ist hierbei noch günstig, daß die Stufe bei ihrem einzelnen Gebrauche noch 4^{cm} ($1^1/_2{}'$) auf der nächst unteren aufliegt, so daß diese einen Theil der Belastung aufnimmt.

Die Treppen aus Eisen.

Die Feuersicherheit und große Festigkeit des Eisens läßt in manchen Fällen die Verwendung dieses Materiales auch bei den Treppen zweckmäßig erscheinen.

Als Vorbild für die eisernen Treppen dienen die hölzernen aufgesattelten. Die gußeisernen Wangen sind im Querschnitt T-förmig gestaltet, äußerlich meistens verziert, und ist ringsherum ein Flansch angegossen. Die schmiedeeisernen Wangen bestehen aus zusammengenieteten flachen Eisenschienen, an welche schmiedeeiserne Winkellappen angenietet werden. Diese abweichenden Constructionen zeigen die Figuren 608—611.

Das Gußeisen hat den Vorzug, daß man es leicht in jede Form bringen kann, während bei schmiedeeisernen Treppen das äußere Gerippe mit Zinkornamenten versehen werden muß.

Fig. 608.

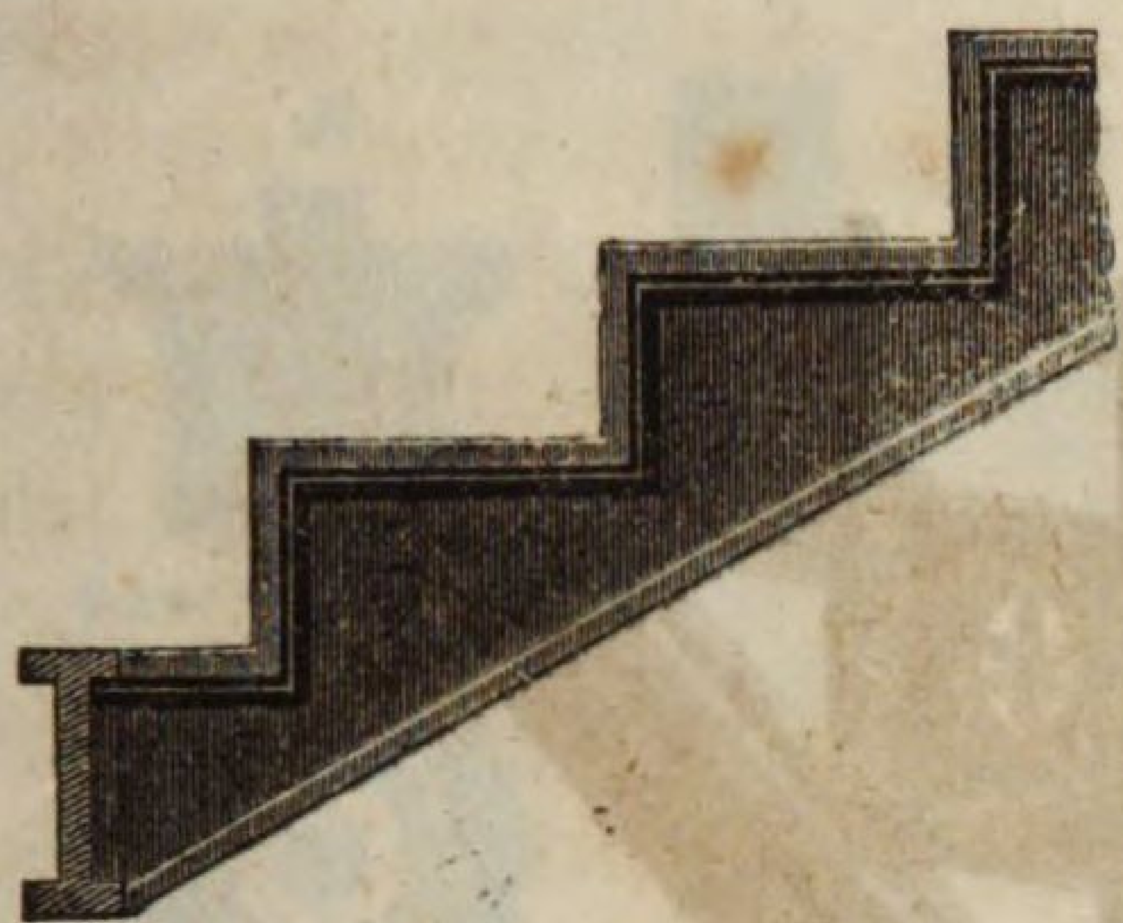


Fig. 610.

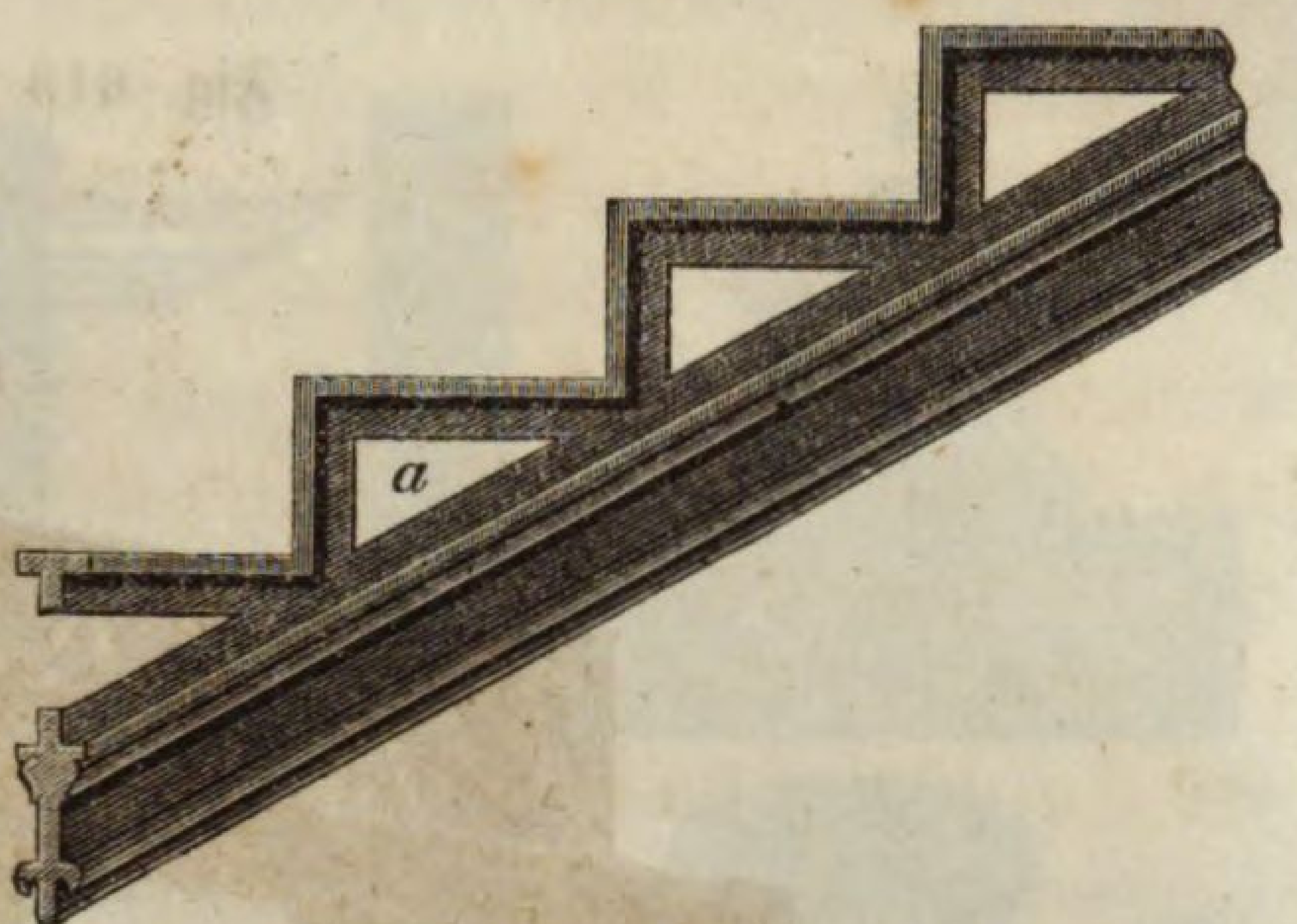


Fig. 609.

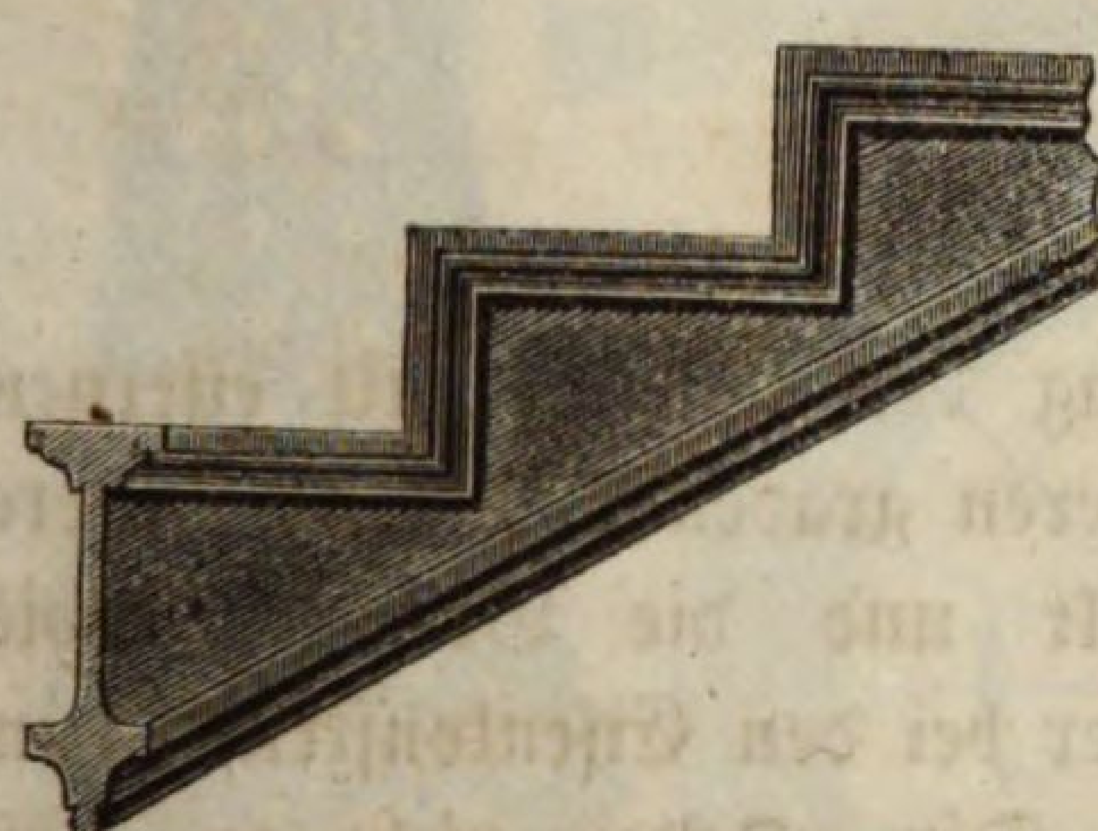
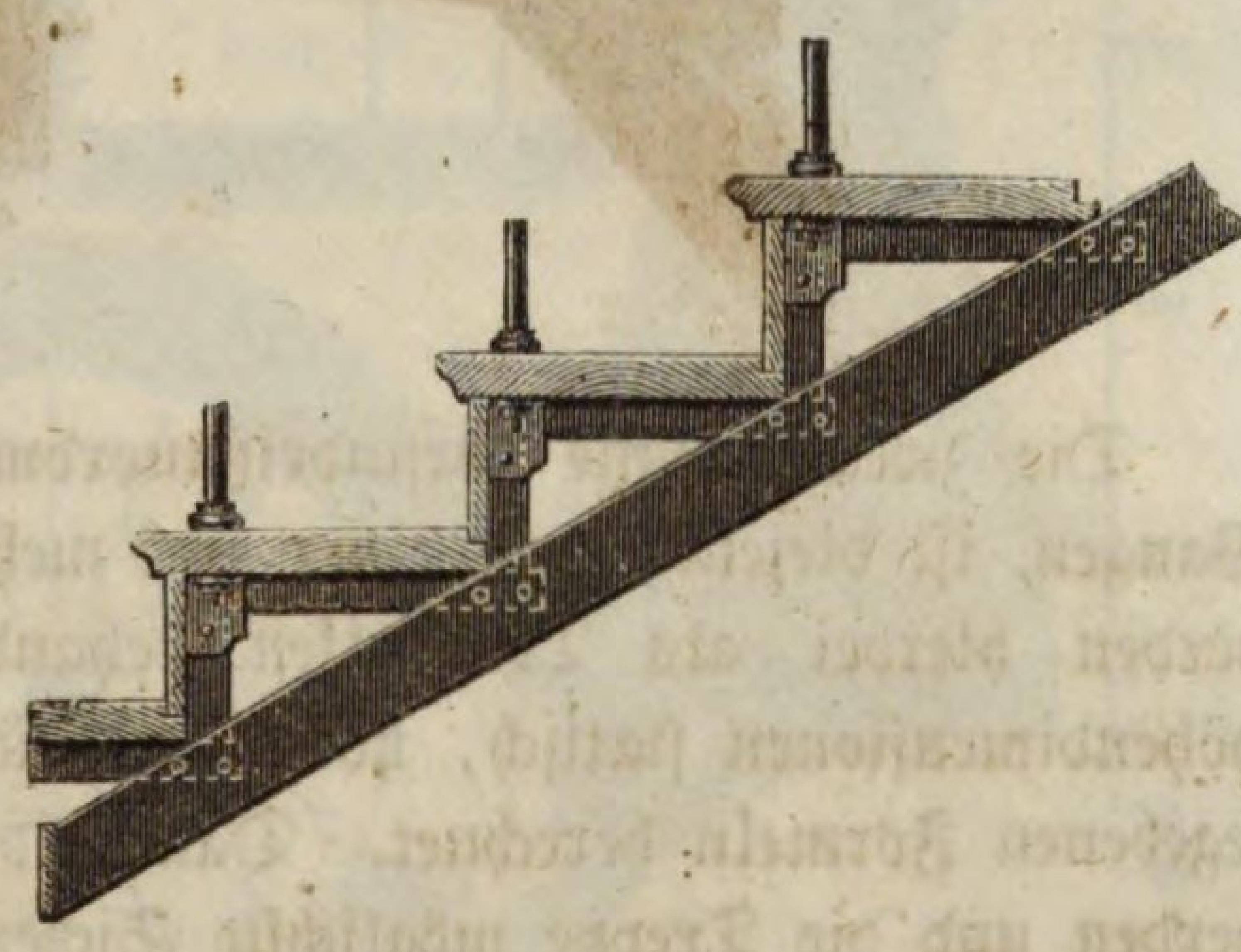


Fig. 611.



Auf den eisernen Wangen liegen entweder volle, aus natürlichen oder künstlichen Steinen gefertigte Blockstufen, oder aufgesattelte hölzerne Bohlenstufen mit hölzernen Futterbrettern, oder gußeisernen Deck- und Futterstufen, welche meistens durchbrochen sind.

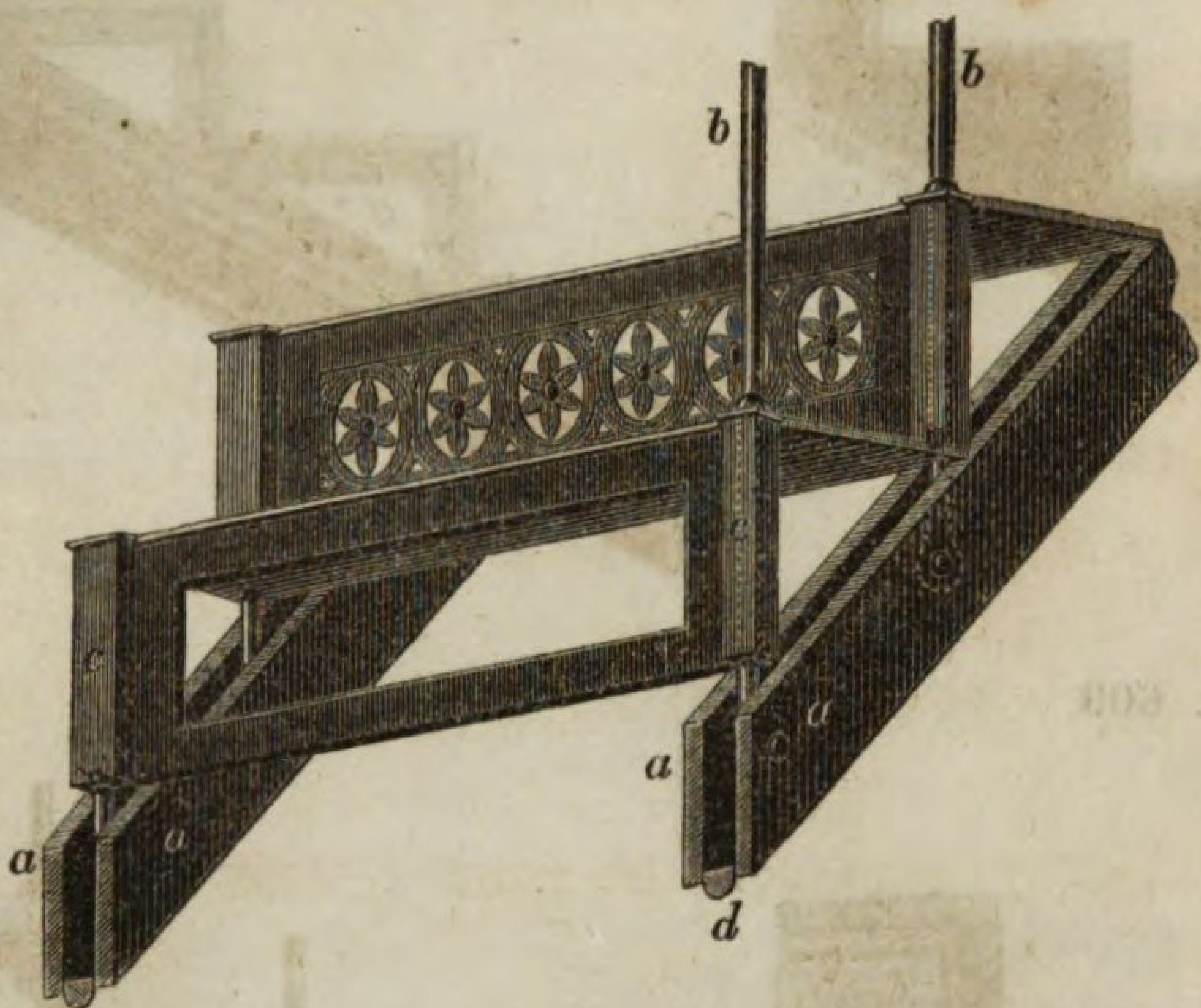
Die hölzernen und steinernen Stufen bieten in der Construction nichts Neues, hingegen ist die der eisernen etwas abweichend.

Fig. 613 zeigt eine Treppen bei der die Wangen aus doppelten schmiedeeisernen Flachschinen a a, die gleichzeitig die Geländerstangen b b umfassen, bestehen. Die Stufen erhalten durch die Hohlstücke c an den Wangen b ihren Halt.

Die Futterstufen sind entweder Rahmstücke oder durchbrochene Gußstücke.

Die Podeste der eisernen Treppen erhalten ebenfalls eiserne Unterstützungen. Gegen einen Hauptbalken, welcher in der Breite des Treppenhauses liegt, stützen sich die Treppenarme und auf diesem Hauptbalken liegen die übrigen Podestbalken.

Fig. 613.

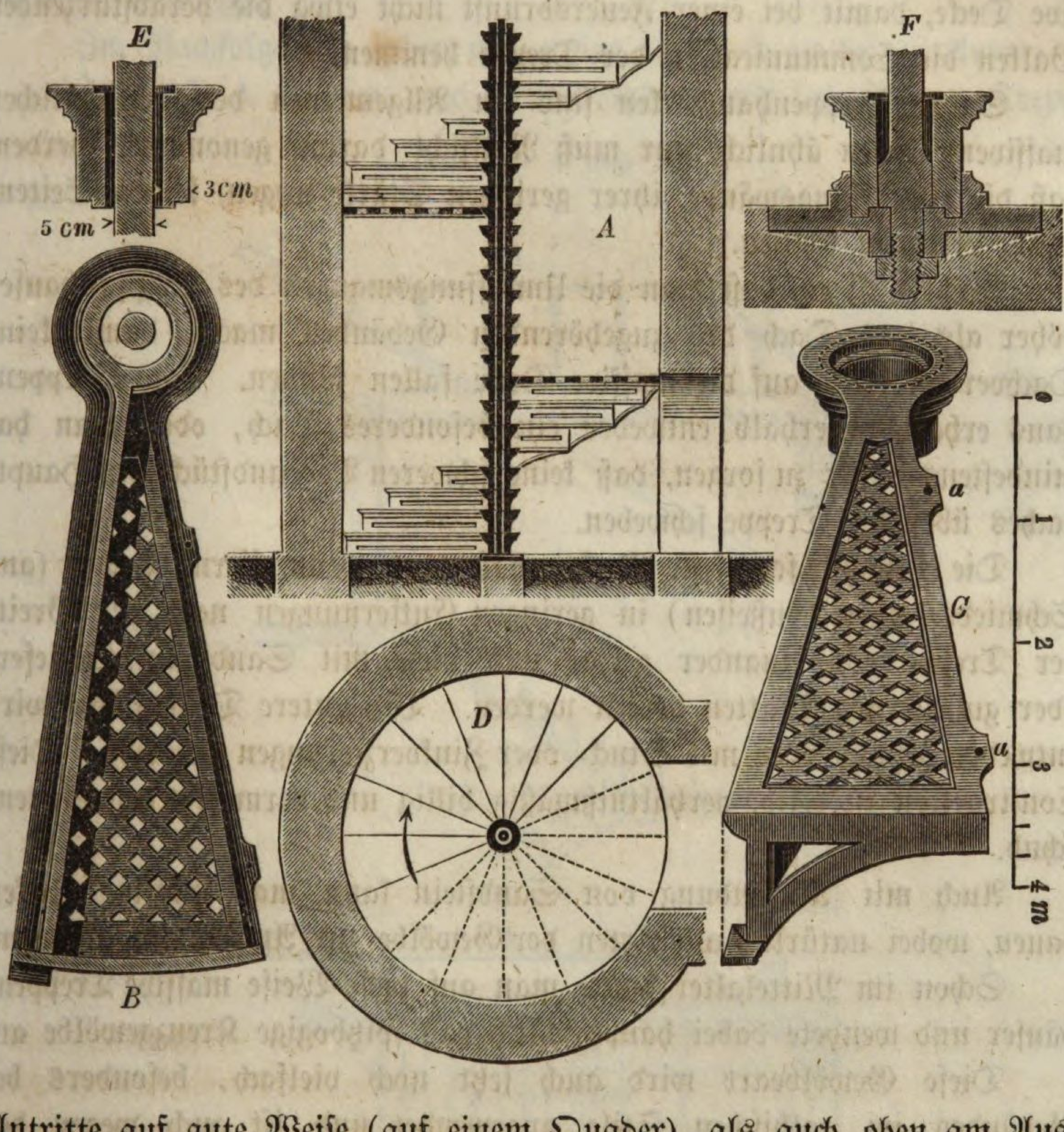


Die zweckmäßigste Grundrißanordnung der Treppen mit eisernen Wangen, ist diejenige mit einer und mehreren graden Wangen. Letztere werden hierbei als Tragbalken behandelt und die Breiten- sowie Höhendimensionen statisch, nach dem früher bei den Eisenkonstructionen gegebenen Formeln berechnet. Damit die Dimensionen nicht zu groß werden und die Treppe möglichste Sicherheit gewährt, dürfen die einzelnen Arme nicht zu weit freiliegen.

Bei den eisernen Wendeltreppen wird die ganze Treppe aus einzelnen gußeisernen Blockstufen zusamengesetzt, deren Kopfende zugleich den mittleren Kern resp. Pfosten oder Spindel bildet. Fig. 614 A—E zeigt eine solche Anlage, wobei A die theilweise Ansicht der Treppe, wie sie im Treppenhause liegt, zeigt; B ist die Horizontalprojection und der Durchschnitt einer Setzstufe; C zeigt die isometrische-perspectivische Ansicht derselben; D giebt den Grundriß der ganzen Treppe. Die Verbindung der Stufen wird sowohl durch die Lappen a a, worauf die Setzstufen, deren Lappen mit jenen zusammenpassen und verschraubt werden, als auch durch die mit den Stufen aus einem Stück gegossenen, röhrenförmigen Wangenstücke hergestellt.

Fig. 614 E zeigt, daß die Wangenstücke mit Ueberfälzung normal aufeinander sitzen. Zur größeren Solidität sind alle Stufen auf eine schmiedeeiserne Stange b gereiht, welche sowohl unten am

Fig. 614.



Antritte auf gute Weise (auf einem Quader), als auch oben am Austritte der Treppe mittels Verankerung zu befestigen ist.

Diese gewundenen gußeisernen Treppen sind ebenso wie die aus Stein und Holz schwierig zu besteigen, sind aber immer den letzteren vorzuziehen, da das Eisen beträchtlich schwächere Querschnittsdimensionen und die Herstellung zierlichere Formen zuläßt.

Die Construction der Fig. 614 findet besonders bei Thürmen und Nebentreppen statt.

Die massiven Treppenhäuser.

In vielen größeren Städten verlangt die Baupolizei neben der Anlage der feuersicheren Treppen auch den Bau massiver Treppenhäuser. Diese verlangen außer den massiven Umfassungsmauern auch eine massive Decke, damit bei einer Feuersbrunst nicht etwa die herabstürzenden Balken die Communication der Treppe hemmen.

Solche Treppenhausdecken sind im Allgemeinen den gewöhnlichen massiven Decken ähnlich, nur muß Rücksicht darauf genommen werden, daß die Umfassungswände, ihrer geringen Stärke wegen, keinen Seitenschube ertragen können.

Wichtig ist es, daß man die Umfassungsmauern des Treppenhauses höher als das Dach des zugehörenden Gebäudes macht, damit keine Dachverbandstücke auf die massive Decke fallen können. Das Treppenhaus erhält dieserhalb entweder ein besonderes Dach, oder man hat mindestens dafür zu sorgen, daß keine schweren Verbandstücke des Hauptdaches über der Treppe schweben.

Die einfachste feuerfeste Decke erhält man, wenn eiserne Träger (aus Schmiede- oder Gußeisen) in geringen Entfernungen nach der Breite der Treppe von einander gelegt und diese mit Sandstein, Schiefer- oder gußeisernen Platten bedeckt werden. Die untere Deckenfläche wird entweder geputzt oder mit Stuck- oder Zinkverzierungen decorirt. Diese Construction ist solid, verhältnißmäßig billig und vermeidet den Seitenschub.

Auch mit Anwendung von Sandstein kann man massive Decken bauen, wobei natürlich alle Arten der Gewölbe zur Anwendung kommen.

Schon im Mittelalter baute man auf diese Weise massive Treppenhäuser und wendete dabei hauptsächlich das spitzbogige Kreuzgewölbe an.

Diese Gewölbeart wird auch jetzt noch vielfach, besonders bei Gebäuden im gothischen Stile angewendet und ist auch wegen der diagonalen Druckvertheilung wohl zu empfehlen. Selbstverständlich müssen die erforderlichen Strebepfeiler hinreichende Stabilität besitzen. Eine aus spitzbogigem Kreuzgewölbe gebildete Decke zeigt Fig. 590 A.

Auch das Kuppelgewölbe läßt sich anordnen, doch muß dann der Grundriß des Treppenhauses ein Kreis oder Quadrat sein. Die Kuppel ordnet man vielfach bei öffentlichen Gebäuden an, da dieselbe die Anordnung eines großen entsprechenden Oberlichtes leicht zuläßt

Die Verwendung des Tonnen- und breiten Kappengewölbes ist

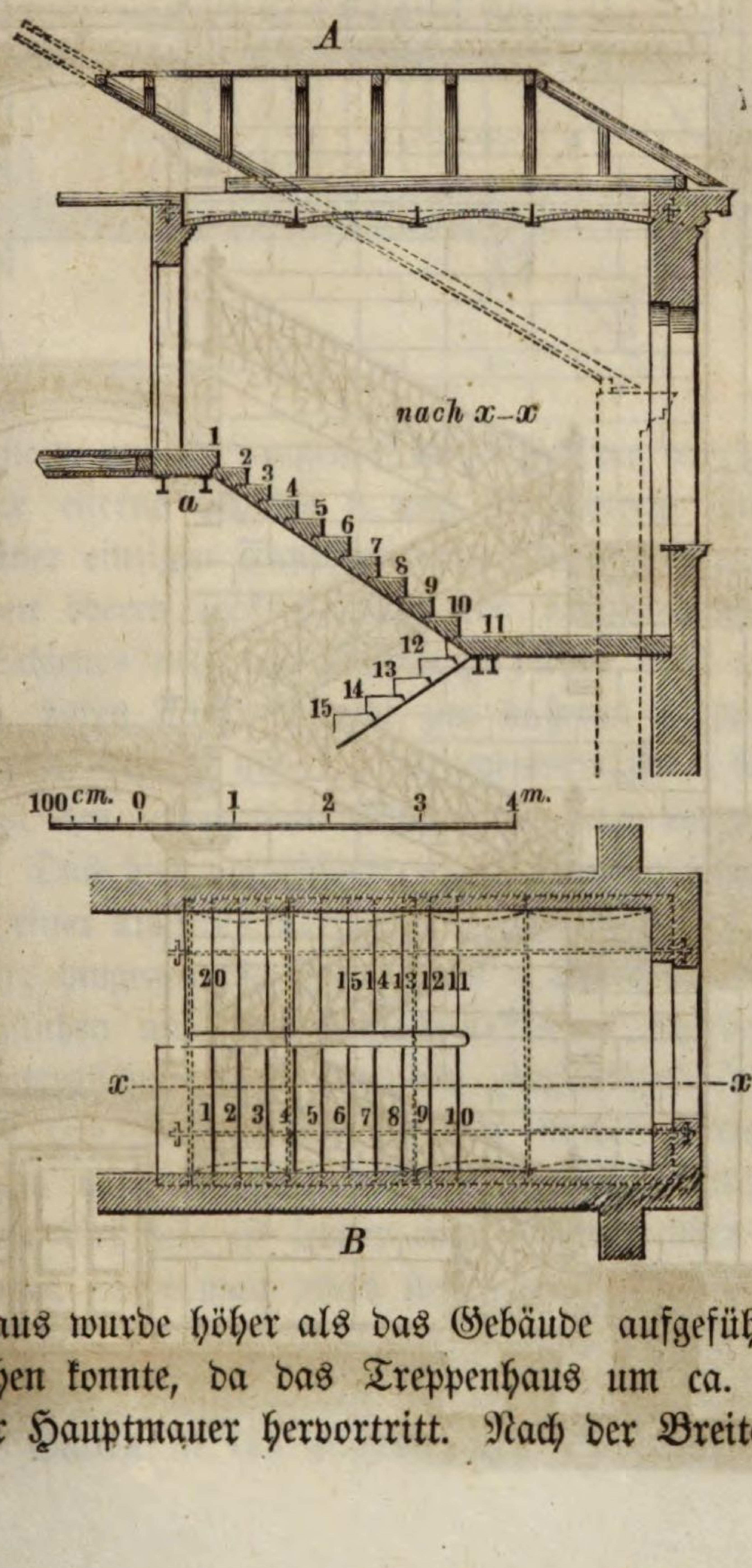
nicht anzurathen, da herbei beträchtliche Mauerstärken und kräftige Verankerungen nöthig sind.

Am häufigsten findet man die Treppenhausdecken durch flache Kappengewölbe, welche auf Trägern ruhen, gebildet und zwar können Decken erstens in horizontaler Ebene liegen, oder zweitens in der Richtung der Treppe ansteigen.

Im Nachfolgenden geben wir einige Beispiele zu beiden Arten:

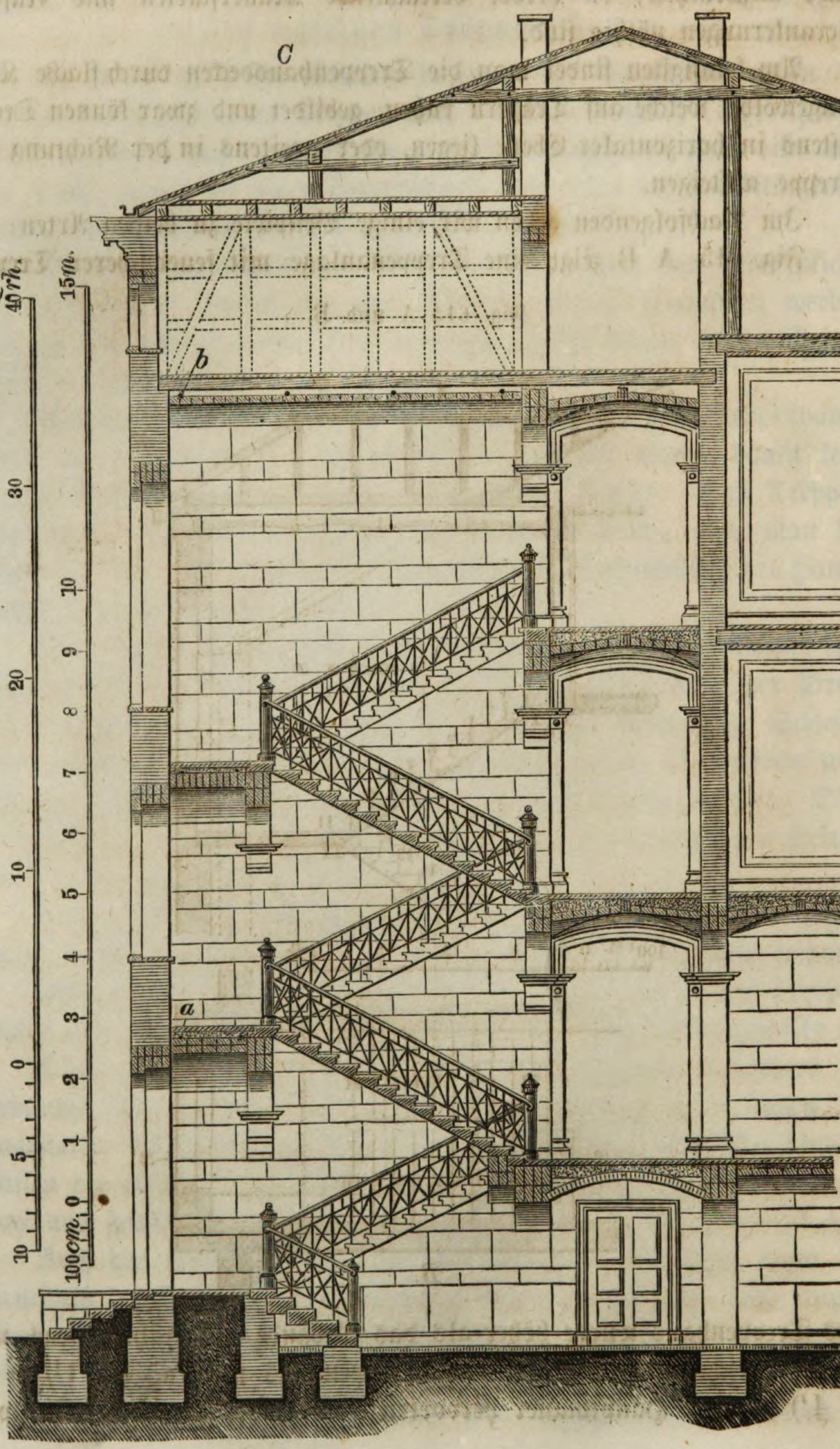
Fig. 615 A B zeigt eine Treppenanlage mit feuersicherer Treppe.

Fig. 615 A und B.



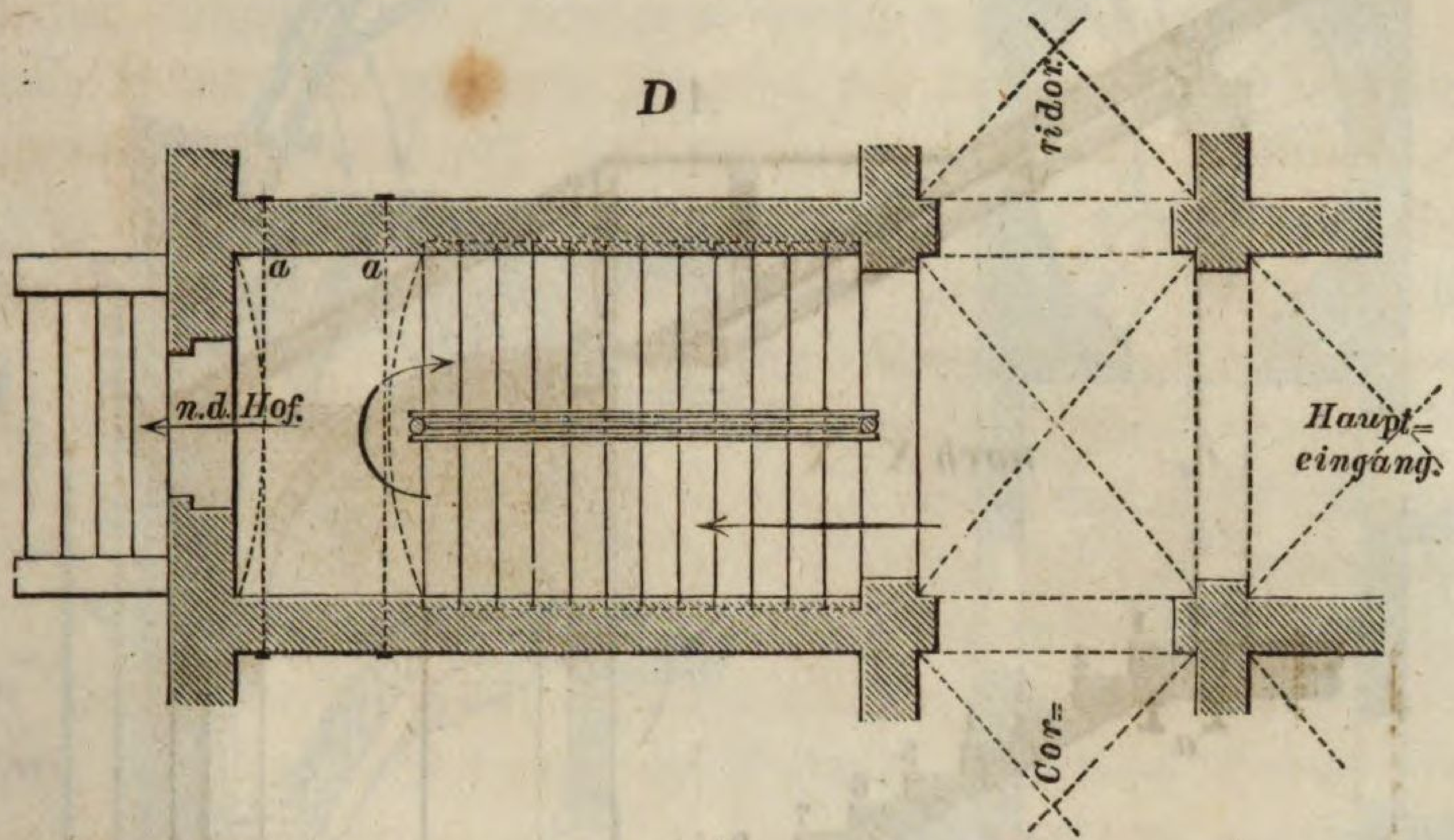
Das Treppenhaus wurde höher als das Gebäude aufgeführt, was um so mehr geschehen konnte, da das Treppenhaus um ca. 1 — $1\frac{1}{4}^{m}$ (3 bis 4') vor der Hauptmauer hervortritt. Nach der Breite der Treppen

Fig. 615 C.



liegen einige schmiedeeiserne Schienen, gegen die sich die flachen Kappengewölbe auf flacher Seite einwölben. Der Seitenschub der Kappen wird außerdem noch durch eiserne Zugstangen aufgefangen. Die Treppe selbst

Fig. 615 D.



ist aus Sandstein und freitragend, wobei sich die oberste Stufe eines Armes auf die eiserne Schiene a und die unterste auf den Podest, welcher aus einer einzigen Sandsteinplatte besteht, stützt.

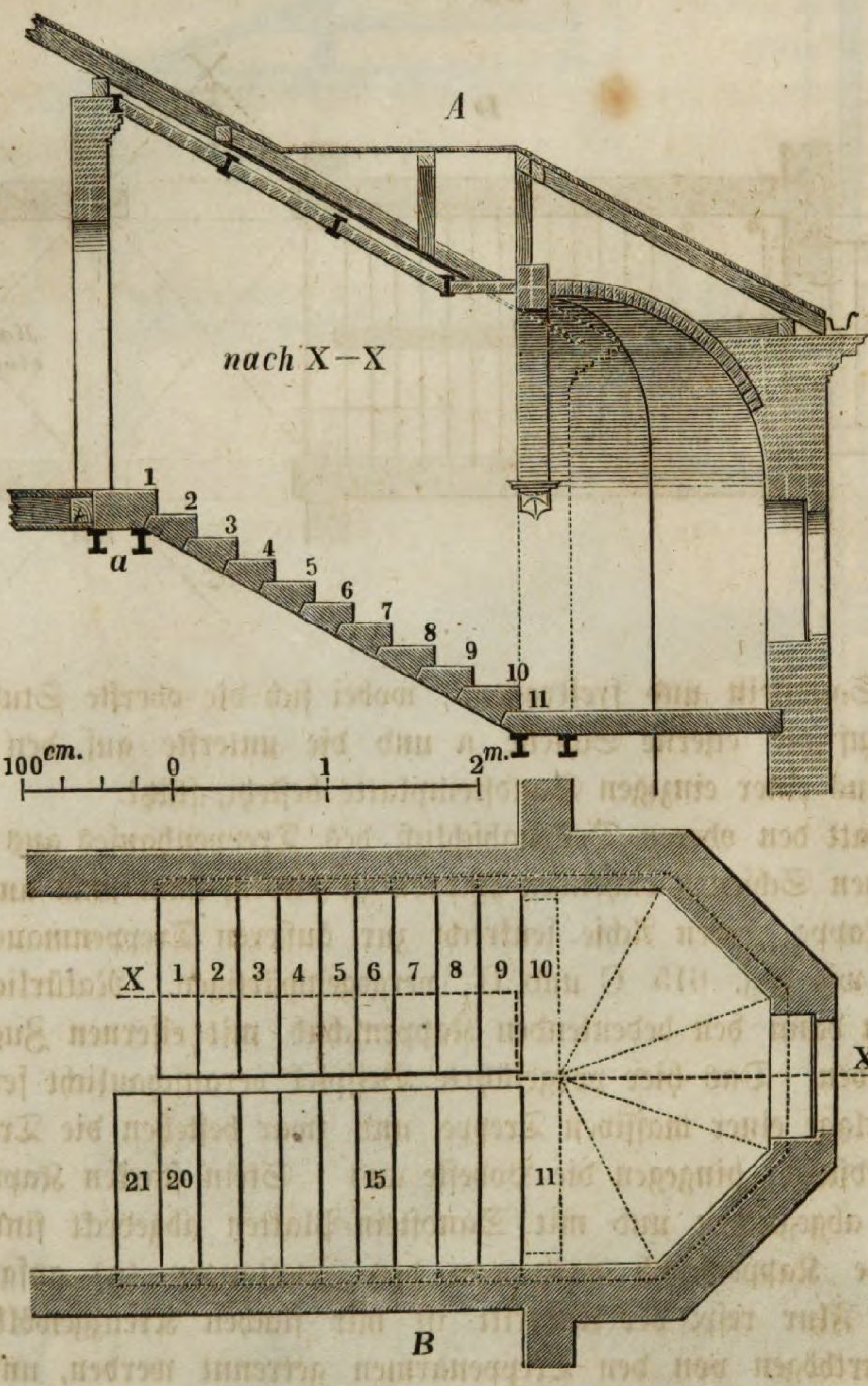
Anstatt den oberen Deckenabschluß des Treppenhauses aus kleinen, auf eisernen Schienen ruhenden Kappen zu bilden, kann man auch eine einzige Kappe, deren Achse senkrecht zur äußeren Treppenmauer steht, wählen, wie Fig. 615 C und D, vergegenwärtigen. Natürlicherweise muß man dann den bedeutenden Kappenschub mit eisernen Zugstangen (b) aufheben Das hier vorgeführte Beispiel veranschaulicht ferner die ganze Anlage einer massiven Treppe, und zwar bestehen die Trittstufen aus Sandstein; hingegen die Podeste aus 1 Stein starken Kappen, die oberhalb abgeglichen und mit Sandstein-Platten abgedeckt sind. Der bedeutende Kappenschub wird von den Zugstangen (a) aufgefangen. Auch der Flur resp. der Austritt ist mit flachen Kreuzgewölben, die durch Gurtbögen von den Treppenarmen getrennt werden, unterstützt.

Bei diesem Beispiele ist ferner eine Kammer über dem Treppenhause angeordnet, wobei man jedoch streng darauf zu achten hat, daß die Balkenlage das Kappengewölbe nicht belaste.

Eine steigende Decke zeigt Fig. 616 A B. Hierbei liegen ebenfalls schmiedeeisern Balken in der Richtung der Treppenbreite, jedoch mit

der Treppe schräg aufsteigend. Zwischen den Balken sind flache $^1/_4$ Stein starke Kappen gespannt. Der bedeutende Druck der schrägen

Fig. 616 A B.



Fläche muß aufgefangen werden, was in dem vorliegenden Falle durch ein fünfseitiges Nischengewölbe geschieht.

In Fig. 616 C und D ist die Anordnung einer ellyptischen Wendeltreppe gegeben; das ganze Treppenhaus wird hier mittelst eines acht-

Fig. 616 C.

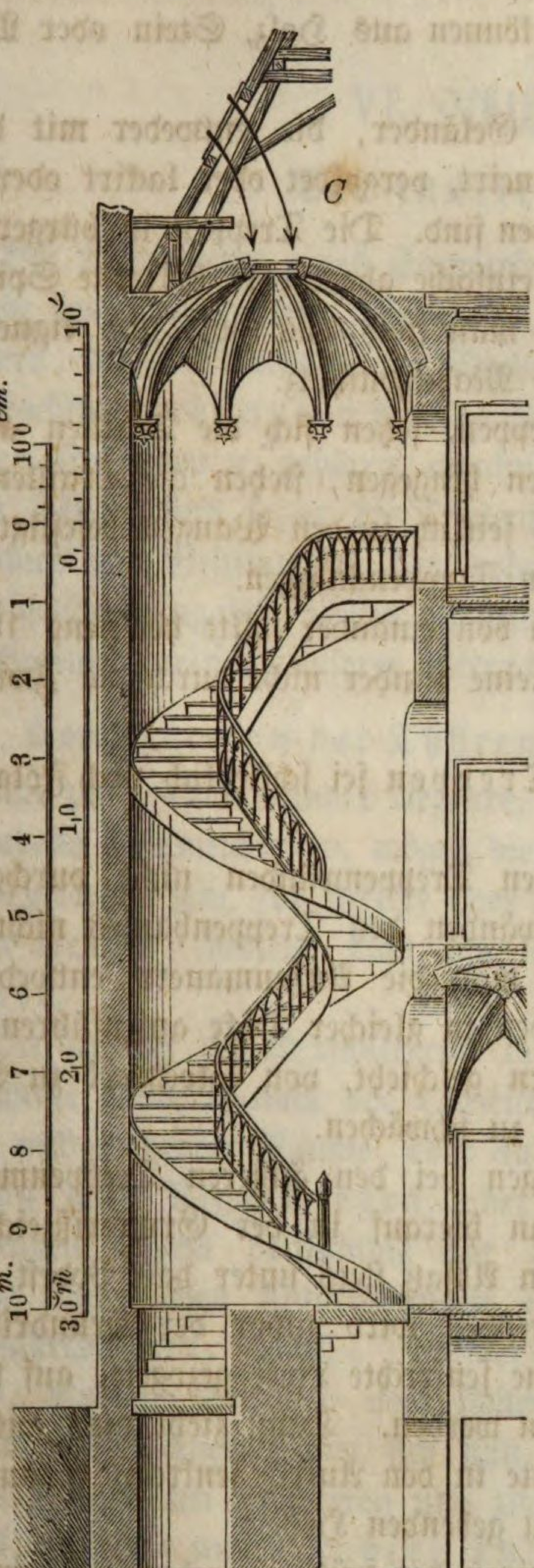
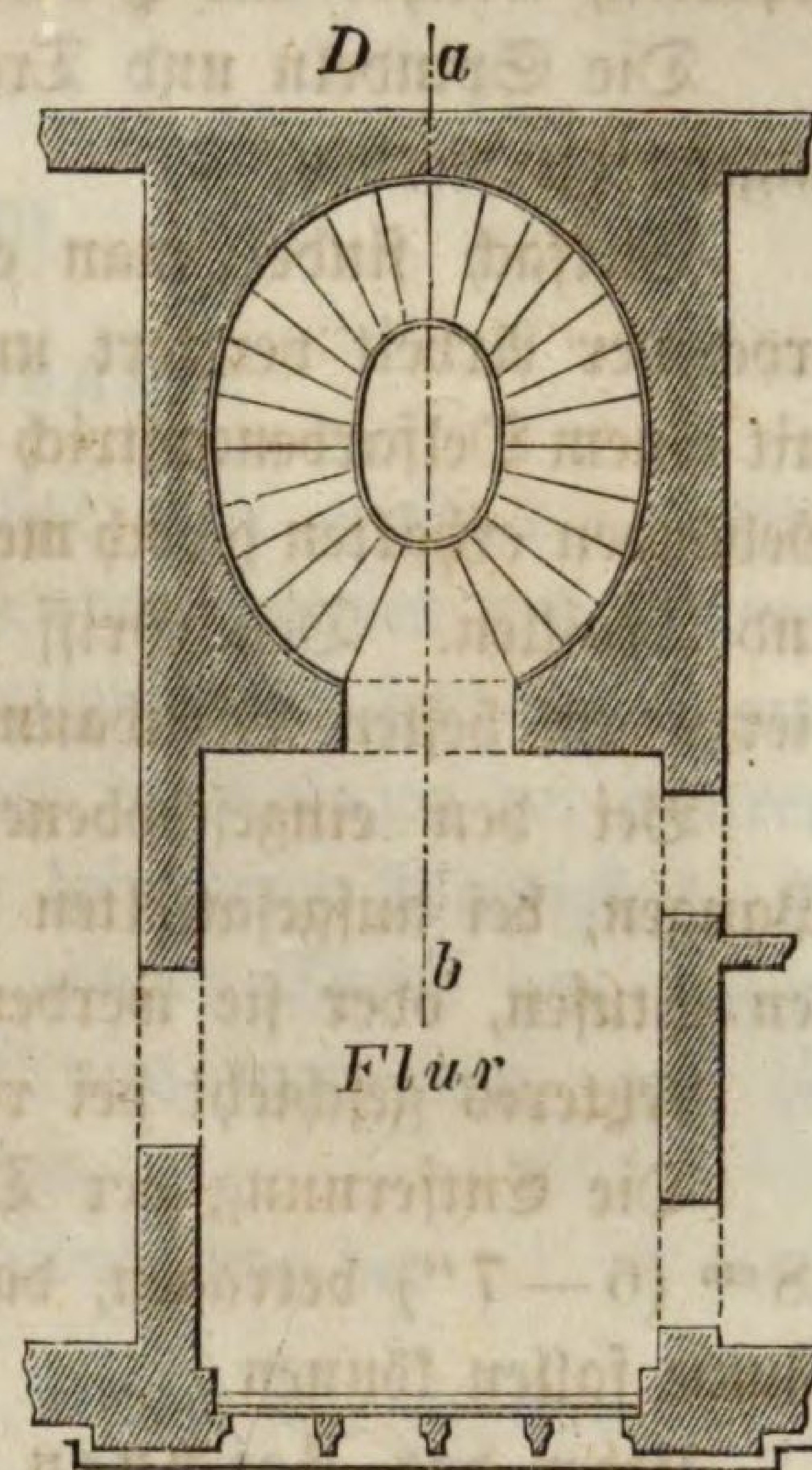


Fig. 616 D.



seitigen spitzenbogigen Kreuzgewölbes überdeckt. Die einzelnen Gewölberippen (Grathe) vereinigen sich in einem Nabel, durch welchen das Licht zur Erhellung des Treppenhauses gelangen kann.

Die Treppengeländer.

Nachdem wir nun die wichtigsten vorkommenden Constructionen der Treppen besprochen haben, müssen wir nun noch die Geländer erwähnen, die mit den Treppen in inniger Verbindung stehen und die bei keiner Anlage fehlen dürfen.

Um das Besteigen einer Treppe zu erleichtern und um das Herabfallen zu verhüten, muß dieselbe an der freien Seite ein Geländer erhalten, welches aus Handgriff, Spindel und Traillen besteht.

Die Spindeln und Traillen können aus Holz, Stein oder Metall angefertigt werden.

Vielfach findet man eiserne Geländer, die entweder mit durchbrochener Arbeit verziert und broncirt, vergoldet oder lackirt oder aber mit einem Oelfarbenanstrich versehen sind. Die Treppen in bürgerlichen Gebäuden erhalten jedoch meistens einfache abgedrehte, hölzerne Spindeln und Traillen. Den Griff fertigt man stets aus Holz und eignet sich hierzu am besten Birnbaum- und Mahagoniholz.

Bei den eingeschobenen Treppen, setzen sich die Traillen an die Wangen, bei aufgesattelten Treppen hingegen, stehen die Traillen auf den Stufen, oder sie werden auch seitlich in den Wangen befestigt.

Letzteres geschieht bei reicheren Treppenanlagen.

Die Entfernung der Traillen von einander sollte höchstens 15 bis 18^{cm} (6—7″) betragen, damit kleine Kinder nicht durch die Zwischenräume fallen können.

Ueber das Zeichnen der Treppen sei schließlich noch Folgendes bemerkt:

Da die Etagenbalken bei den Treppenwänden nicht durchgehen, also mit den betreffenden Außenwänden des Treppenhauses nicht verankert werden können, so pflegt man die Außenmauern entweder zu verstärken, oder von unten bis oben in gleicher Dicke aufzuführen, und nicht, wie es in den Etagenmauern geschieht, von Stockwerk zu Stockwerk, die Mauern abzusetzen oder zu schwächen.

Sollen jedoch die Abstufungen bei den äußeren Treppenmauern dennoch vorkommen, so muß man hierauf in der Grundrißzeichnung gehörige Rücksicht nehmen und den Absatz stets unter das Podest legen.

Bei dem Austragen der Treppen wird zuvor der Grundriß angefertigt, alsdann zum Aufriß eine senkrechte Linie gezogen, auf welche die Höhen aller Stufen abgetragen werden. Dann zieht man aus dem Grundrisse die Breite der Auftritte in den Aufriß senkrecht hinauf und durchschneidet sie mit der ihnen zu gebenden Höhe.

Dieses Verfahren ist aus einigen der früher gegebenen Figuren zu ersehen.

VI. Abtheilung.

Der innere Ausbau.

Bei Anfertigung eines Entwurfes genügt nicht allein die richtige Angabe des sogenannten „Rohbaues," d. h. der inneren und äußeren Mauern, der Balkenlagen und Dachconstructionen 2c., sondern ist auch die Beachtung des innern Ausbaues, wozu die Anlagen der Thüren, Fenster, Fußböden 2c. gehören, ebenfalls von besonderer Wichtigkeit. In vielen Fällen sind sogar die Dimensionen einiger Theile des innern Ausbaues zur Bestimmung des rohen Aufbaues maßgebend, wie die nachfolgenden Angaben häufig darlegen werden.

Beginnen wir in unserer Betrachtung zuerst mit der

Construction der Thüren und deren Beschläge.

Um zwei nebeneinander liegende, mit Mauer- oder Wandöffnungen verbundene Räumlichkeiten, mögen dieselben entweder Wohn- oder Verbindungsräume sein, für kürzere oder längere Zeit, theilweise oder gänzlich zu trennen, bedient man sich schon seit undenklichen Zeiten der Thüren.

Die Ursache des Verschließens kann verschiedentlich sein: entweder beabsichtigt man, je nach der Oertlichkeit, eine momentane Trennung zweier und mehrerer Räume, oder auch ein Sicherstellen, also unter Schloß und Riegel legen, oder man wünscht auch den zu verschließenden Raum vollständig vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Je nach diesen Anforderungen erhalten wir Haus-, Hof- oder Durchfahrtsthüren, Saal-, Zimmer-, Küchen- oder Speisekammerthüren, Boden-, Treppen- oder Kellerthüren 2c.

Im Allgemeinen lassen sich nun sämmtliche derartige Verschlüsse in zwei Hauptarten rubriciren und zwar in:

1. äußere und 2. innere Thüren.

Zu der ersten Gattung gehören solche, welche sich an den äußeren Gebäudeflächen befinden, mithin zum Abschließen des Hauses, nach der Straße oder dem Hofe hin und umgekehrt, dienen, wie z. B. die Durchfahrtsthore, Haus- und Hofthüren; die zweite Art hin-

gegen steht völlig vor den Witterungseinflüssen geschützt, und bezweckt theils eine Absperrung der Zimmer vom Flur resp. Corridor, theils eine Trennung der verschiedenen Räumlichkeiten unter einander. Es erhellt hieraus, daß je nach dem Aufstellungsorte die Höhen- und Breiten-Dimensionen, sowie die Constructionen mehr oder weniger abweichend und solide sein müssen.

Unter Thürdimensionen verstehen wir nicht nur die Stärken der Hölzer u. s. w., sondern hauptsächlich die Breiten- und Höhenabmessungen der ganzen lichten Oeffnung.

Betrachten wir diese Verhältnisse, so finden wir, daß dieselben von der Größe und Verwendung der Räume, welche getrennt resp. verbunden werden sollen, abhängig sind.

Dienen beispielsweise mehrere nebeneinander liegende Zimmer als Gesellschaftsräume, so müssen natürlicherweise die Breiten- und Höhendimensionen der Thüröffnung ganz andere sein, als wenn nur kleinere und untergeordnetere Räume mit einander communiciren.

Die vortheilhaftesten Breiten für Thüren und Durchfahrtsthore 2c. giebt die nachfolgende Zusammenstellung in abgerundeten Zahlen:

Scheunenthore 2c. $3-4{,}5^{m}$ $(10-14')$,
Remisenthore 2c. $2{,}5^{m}$ $(8')$,
Stallthüren $1{,}25-2^{m}$ $(4-6^1/_2{}')$,
Durchfahrtsthore $2{,}3-3{,}2^{m}$ $(7^1/_2-10')$,
Hausthüren $1{,}5-2{,}2^{m}$ $(5-7')$,
Thüren für Säle $1{,}5-2^{m}$ $(5-{}^1/_2{}')$,
" " Gesellschaftszimmer $1{,}25-1{,}5^{m}$ $(4-5')$,
" " Wohnzimmer $1{,}1-1{,}25^{m}$ $(3^1/_2-4')$,
" " kleinere Wohnzimmer $0{,}9-1{,}1^{m}$ $(3-3^1/_2{}')$,
Küchenthüren $0{,}9-1{,}1^{m}$ $(3-3^1/_2{}')$,
Speisekammerthüren $0{,}7-0{,}9^{m}$ $(2^1/_2-3')$,
Tapetenthüren $0{,}7-0{,}9^{m}$ $(2^1/_2-3')$.

Diese Maße gelten für die lichte, d. h. wirkliche Thüröffnung, wobei also die Breite der Einfassung (Bekleidung) unberücksichtigt geblieben ist.

Ueber die Bekleidung wird später noch Näheres mitgetheilt, es sei jedoch schon hier erwähnt, daß ihre, nach den griechischen Grundsätzen entwickelte Breite gleich $^1/_6-{}^1/_8$ der ganzen lichten Thüröffnung beträgt; demnach würden bei einer $1{,}25^{m}$ $(4')$ lichten Oeffnung circa 16 bis 21^{cm} $(6-8'')$ für jede Bekleidung zu nehmen sein.

Die lichte Thürhöhe richtet sich hauptsächlich nach der lichten Breite, und diese, wie bereits erwähnt wurde, nach den Dimensionen des Zimmers.

Im Allgemeinen empfiehlt es sich, das Verhältniß der lichten Breite zur lichten Höhe etwas mehr als 1 : 2, oder gleich der Diagonale des doppelten Rechtecks (manchmal sogar bis auf 1 : $2^1/_3$) anzuordnen; dagegen ist es wiederum besser, die Thür in ihrem Umrisse, incl. Bekleidung (Fries) und Verdachung, das Maß von 1 : 2 nicht übersteigen zu lassen. Bei Thüren von $1{,}25^m$ (4′) lichten Breite scheinen $2{,}6^m$ ($8^1/_2$′), und bei 1,1 ($3^1/_2$′) ungefähr 2^m ($6^1/_2$′) die passendsten Höhenmaße zu sein.

Nach den Bewegungsmethoden unterscheiden wir zwei verschiedene Thürarten, nämlich: die um eine verticale Achse drehbaren Flügelthüren und die Schiebethüren.

Die letztere Gattung findet seltener Anwendung (und wird weiter unten besprochen werden), hingegen ist die erste Art bei allen Gebäudearten allgemein üblich.

Die drehbaren Flügelthüren.

Es kommt hierbei nun zuerst die Frage in Betracht, nach welcher Seite muß die Flügelthür drehbar sein? Die allgemeine Antwort hierauf wäre, daß die Haus-, Hof- und Durchfahrtsthüren, sowie die Thüren der Treppenflure und beengten Vorplätze resp. Corridore stets nach dem Innern des Gebäudes oder des Raumes drehbar sein müssen, damit die ersteren vor den Witterungseinflüssen so viel als irgend möglich geschützt seien, und letztere die Passage nicht versperren; und daß im Uebrigen die Küchen- und Zimmerthüren ꝛc. sich nach dem Corridor resp. Flur öffnen lassen müssen, um in den Zimmern die Wände nicht zu verdecken; aus demselben Grunde sollten bei Tanz- und Speisesälen, namentlich wenn dieselben nur geringe Größe haben, die Thüren hinaus und nicht herein drehbar sein.

Was das Material betrifft, so bedient man sich bei inneren Thüren größtentheils des Kien- oder Föhrenholzes, welches mit einer Oelfarbe weiß oder holzartig angestrichen wird, hingegen bei Hausthüren und Thoren des Eichenholzes, weil dieses den Einwirkungen der Witterung besseren Widerstand zu leisten vermag.

Für die inneren Thüren findet das Eichenholz in neuerer Zeit, der bedeutenden Kosten wegen, nur äußerst selten Verwendung; häufiger

pflegt man gewöhnliches Tannenholz hinter Eichenfournirung zu verstecken. In Häusern mit eleganter und luxuriöser Ausstattung sind zuweilen auch einige kostbare Holzarten, wie z. B. Mahagonie-, Cedern-, Ahorn- oder Masernholz sehr beliebt und besonders bei eingelegter und gemusterter Arbeit kommen sie vielfach fourniert vor.

Im Uebrigen ist zu beachten, daß man nur gut getrocknetes, gesundes und gerade gewachsenes Holz benutze und die Holztheile nie breiter und stärker annehme, als ohne Nachtheil des Schwindens und der Ausdehnung geschehen kann. Größere Holzstücke, namentlich Tafeln zu Füllungen 2c., müssen in den Nuthen einen erforderlichen Spielraum behalten, um sich in der senkrechten Richtung der Langfasern frei bewegen zu können.

Nach dem Zweck der Thüren und Thore richtet sich nicht nur das Größenverhältniß, sondern auch, wie schon erwähnt wurde, die äußere Form und Construction, denn es ist einleuchtend, daß die äußeren Thüren viel stärker construirt sein müssen, als die inneren, und daß man bei Bautheilen, welche der Witterung ausgesetzt sind, zur Zusammensetzung der einzelnen Stücke sich nicht des Leimes als Bindemittel bedienen darf, sondern andere selbstständigere Verbindungen wählen muß.

Der Form, Construction und dem Zwecke nach zerfallen die Thüren demnach in folgende Arten:

1. Lattenthüren,
2. Bretterthüren,
3. Leistenthüren,
4. Jalousiethüren und
5. gestemmte Thüren oder Füllungsthür.

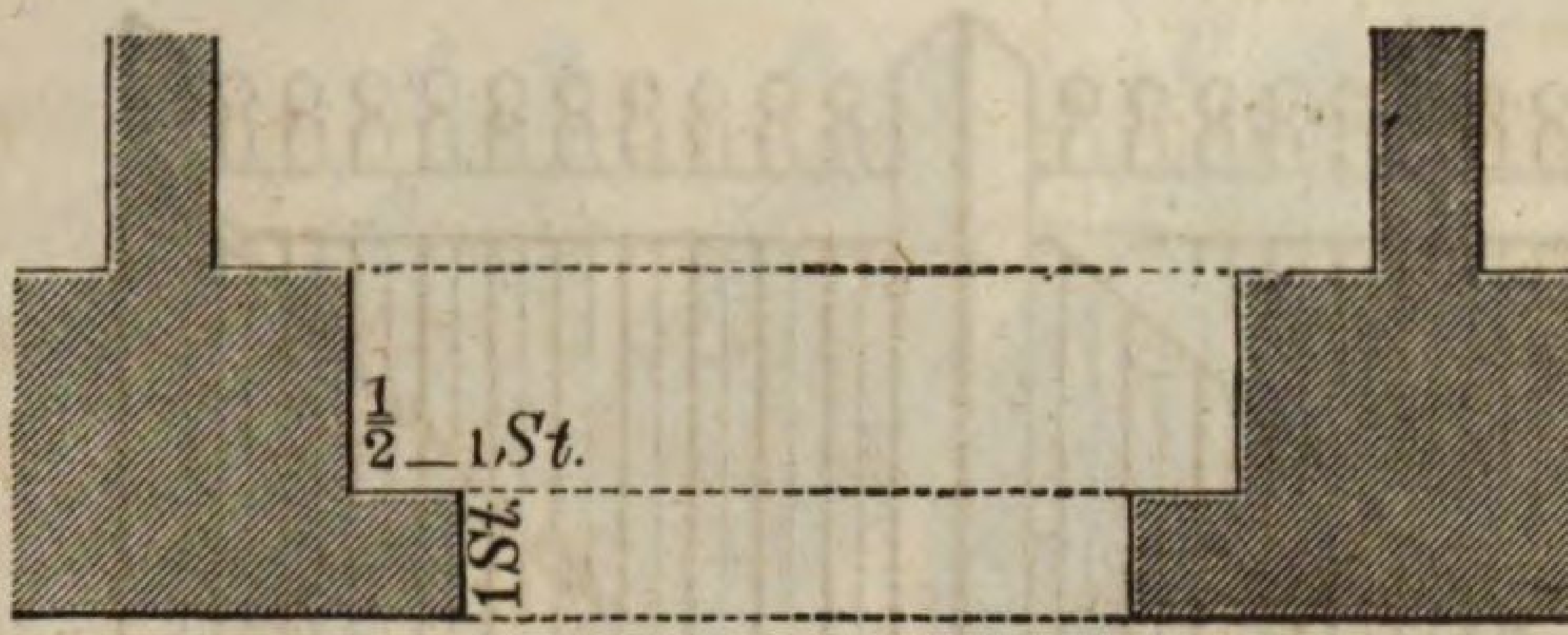
Bevor wir zur Betrachtung dieser Arten übergehen, soll noch Einiges von dem Anschlag erwähnt werden.

Der Anschlag

ist ein im Mauerwerk ausgesparter Falz, gegen welchen die Thür 2c. anschlägt. Untergeordnete Thüren, oder auch solche, welche sehr schwer construirt sind, wie z. B. die Thore, erhalten in der Regel keinen besonderen Anschlag, sondern legen sich platt gegen die Thüröffnung; dasselbe gilt auch für Scheunenthore, Durchfahrtsthore und sehr schwere und große Hausthüren. Kleinere Hausthüren erhalten hingegen stets einen Anschlag; die Thür springt dann 1 Stein in das Mauerwerk

zurück und der Anschlag erhält $1/_2$ Stein zur Breite (Fig. 616). Die Stubenthüren bekommen niemals einen besonderen Anschlag im Mauerwerk.

Fig. 616.

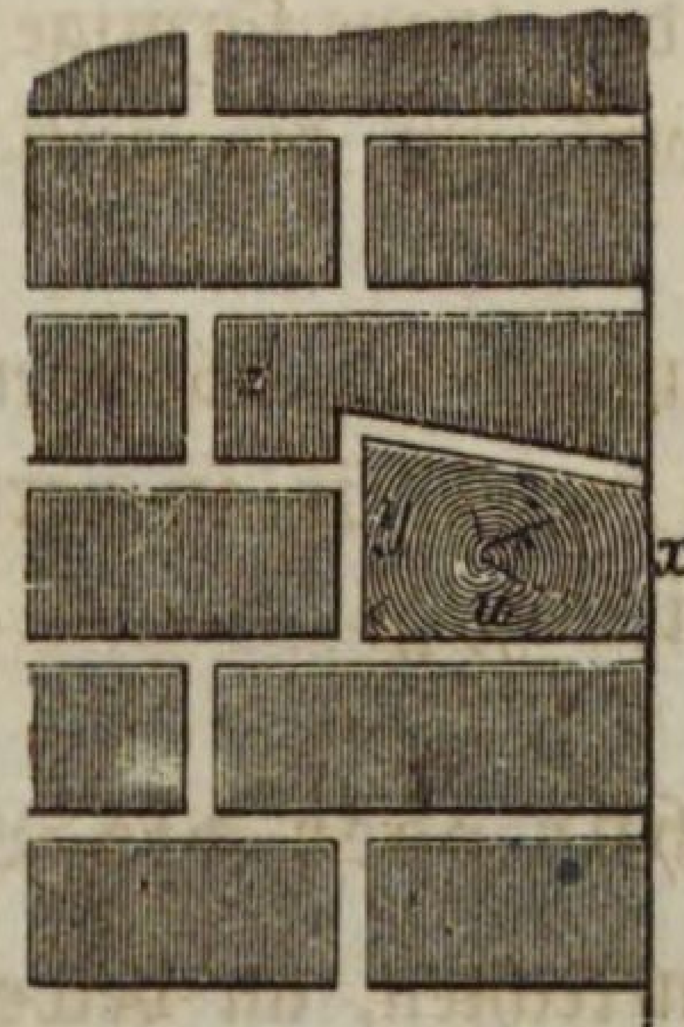


Bei Fachwerkswänden ordnet man zu jeder Seite der Thür einen Ständer an, und nagelt gegen denselben die Verkleidung und das sogenannte „Futter".

Bei massiven Mauern (besonders im Keller) stellt man für die Thür ein vollständig abgebundenes Gerüst (sogenannte Blockzarge) auf, vielfach fehlt aber auch diese Vorrichtung, sondern schlägt die Thür direct gegen einen $1/_2$ Stein breiten Mauerfalz.

Am zweckmäßigsten und billigsten ist es jedoch bei sämmtlichen inneren Thüren mehrere eichene Mauerklötze zu vermauern, und an letzteren die Holzverkleidung und Zarge mit Nägeln zu befestigen (Figur 617.)

Fig. 617.



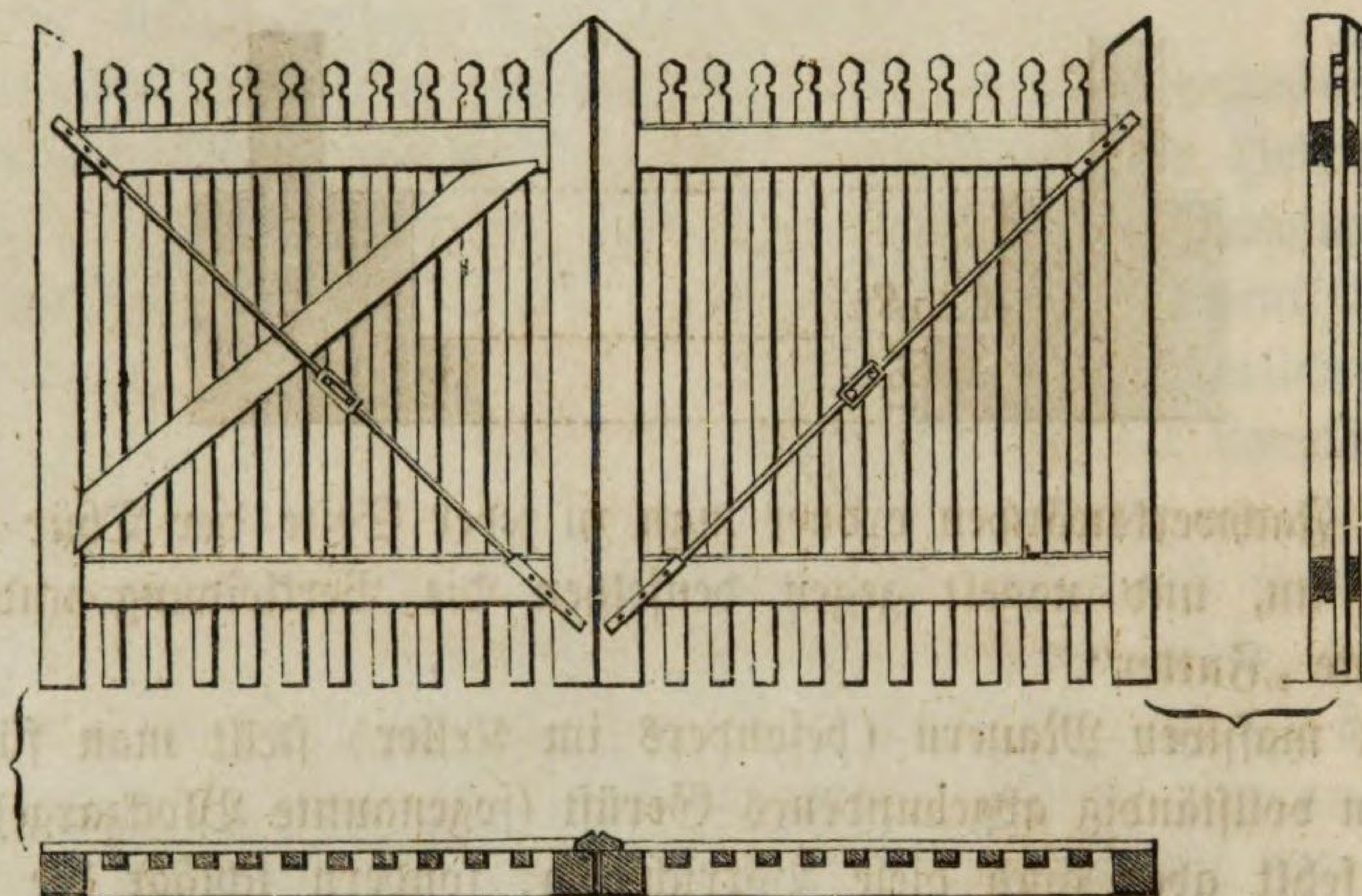
Betrachten wir nun die verschiedenen obengenannten Thürgattungen so finden wir, daß

die Lattenthür

die einfachste Construction besitzt. Dieselbe (Fig. 618) wird meistens nur zum Absperren der untergeordneten Räumlichkeiten benutzt, und

zwar auch nur dort, wo es weniger auf einen festen Verschluß, als auf eine Trennung ankommt, wie z. B. in Kellern, Bodenräumen, Holz-

Fig. 618.



remisen 2c.; vielfach findet man dieselbe noch als Abschluß der Umgrenzungen, z. B. bei Gartengeländern und Spalieren 2c., angewendet.

Die ganze Thür besteht aus senkrecht stehenden Latten, welche von zwei horizontalen breiteren Latten zusammengehalten werden; ferner sind einige Streben, um die trapezförmige Verschiebung der ganzen Verlattung zu verhindern, sowie um die Festigkeit des Gitters wesentlich zu vergrößern, nothwendig.

In Fig. 618 wurden anstatt der Streben zwei eiserne Zugstangen angeordnet, um das Senken der Thür zu vermeiden.

Eine ähnliche Construction zeigt

die Bretterthür oder die Leistenthür.

Dieselbe besteht aus senkrechten, an beiden Seiten gehobelten oder rauhen und gespundeten Brettern resp. Bohlen, welche mit horizontalen aufgenagelten oder eingeschobenen Leisten oder Riegeln und Streben unverschieblich verbunden werden.

Die Bretter kann man bei kleinen Thüren auch stumpf neben einander legen und auf eine breite, dicke Leiste nageln, wonach alsdann die offenen Fugen mit schmalen platten oder profilirten Leisten überdeckt

werden; bei größeren Thüren ist es aber stets anzurathen nur gespundete Bretter anzuwenden (Fig. 619 A B C).

Fig. 619.

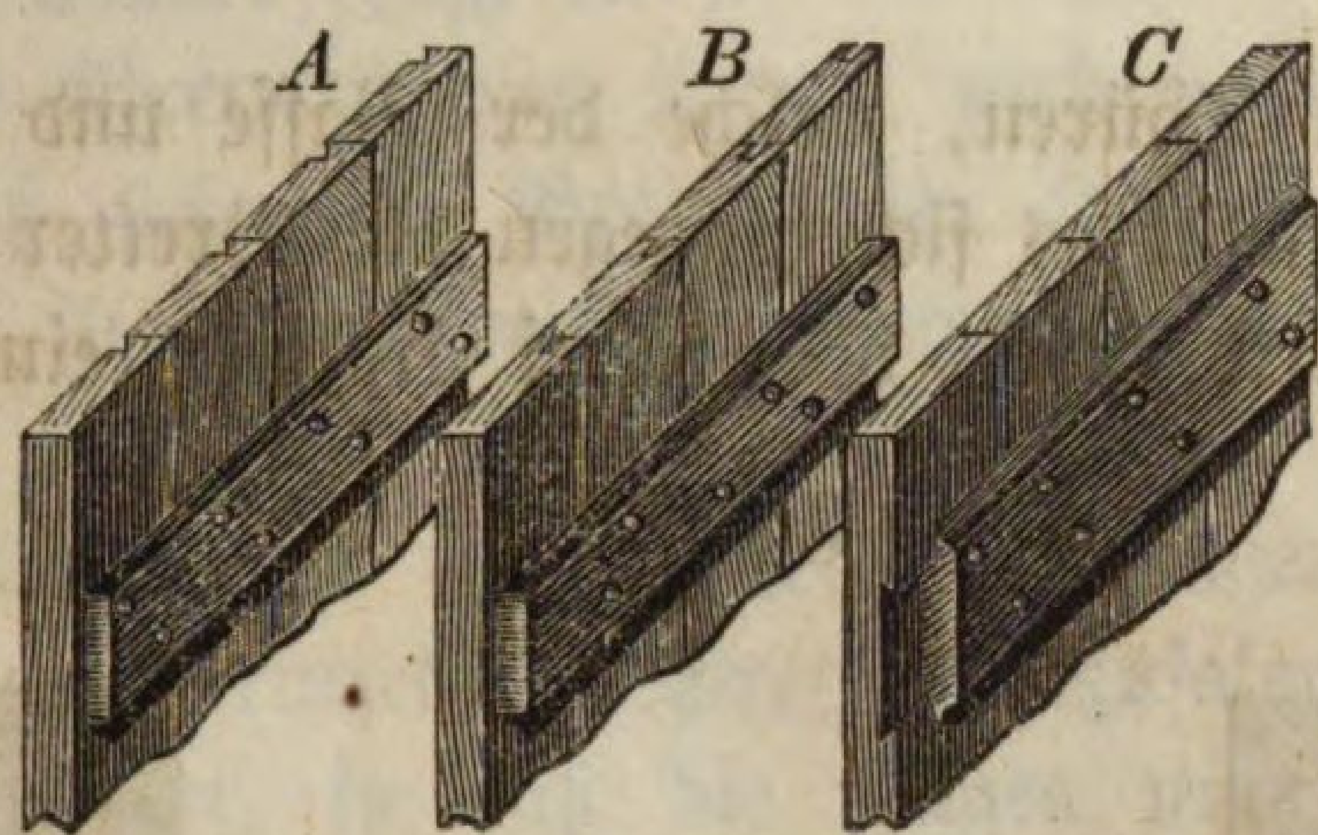
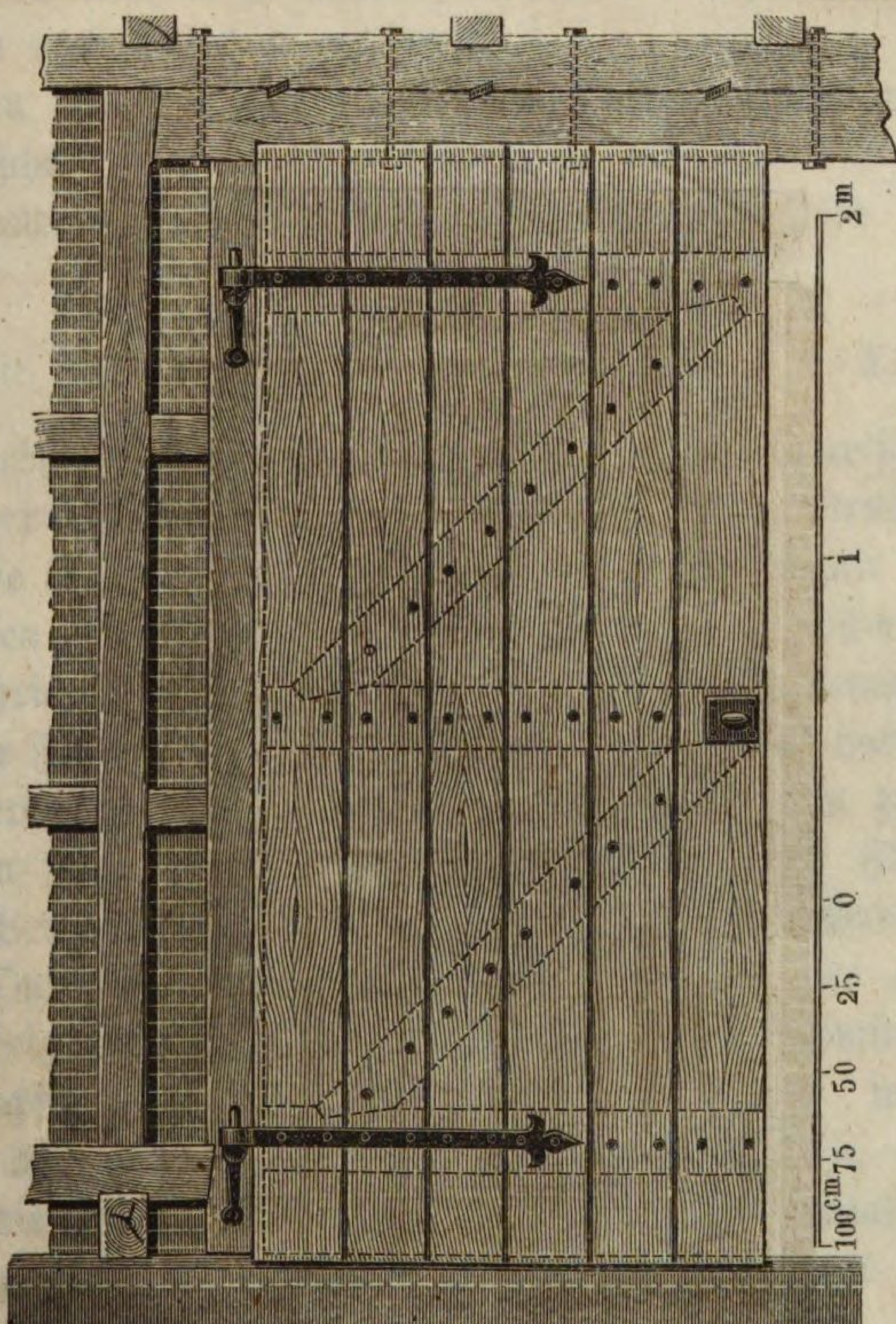


Fig. 620.



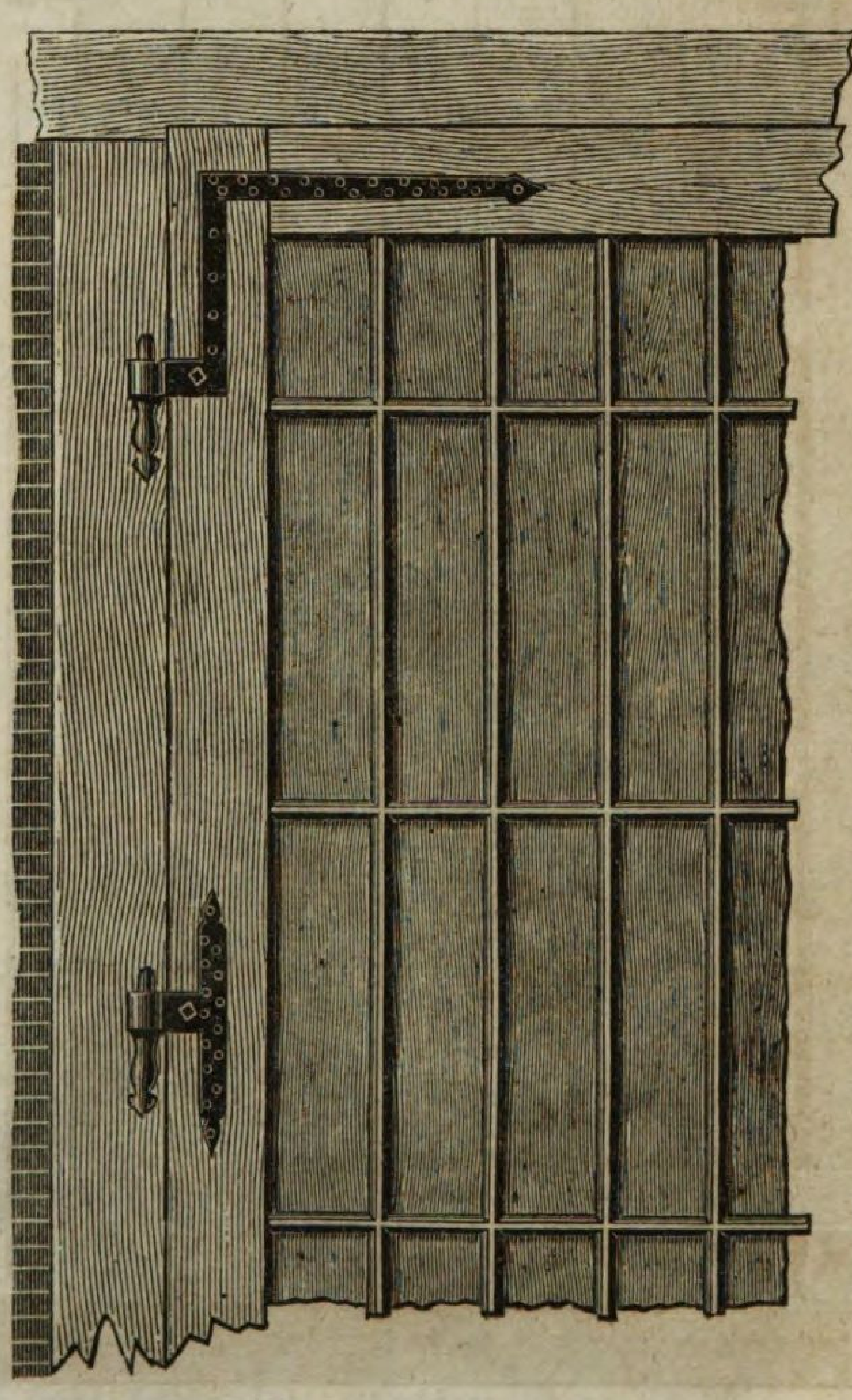
Ein Beispiel einer derartigen Bretterthür ist in dem Remisenthor (Fig. 620) gegeben. Es sind hierbei drei Querleisten eingeschoben und aufgenagelt oder aufgeschraubt, und zwei kurze Streben angeordnet; es würde aber auch schon eine einzige Strebe, welche den Mittelriegel überkreuzt, genügen.

Bei denjenigen Thüren, welche der Nässe und Feuchtigkeit nicht ausgesetzt sind, empfiehlt es sich hingegen die Bretter stumpf zusammen zu leimen und durch zwei oder drei kräftige eingeschobene Leisten

Fig. 621.



Fig. 622.



fest zu vereinigen (siehe Fig. 619 A). Die Strebe setzt sich hierbei mit Versatzung gegen die aufgenagelten oder eingeschobenen Leisten.

Die Bretterthüren erhalten selten einen Falz zum Anschlag, sondern legen sich meistens mit einem 4—5 cm ($1\frac{1}{2}$—2 Zoll) breiten Ueberschlag gegen die Mauer (Fig. 621).

Die einfachen Bretterthüren können noch dadurch bedeutend verstärkt werden, daß sich zwei Bretterlagen kreuzweise überdecken, wobei es am besten ist, die Bretterschichten geneigt zu einander anzunehmen.

Da die Bretterthüren sehr leicht große Fugen bekommen, pflegt man die Kanten der einzelnen Bretter abzufasen oder mit kleinen Kehlungen zu versehen, so daß die Fugen nicht so sehr auffallen. Natürlicherweise bleiben solche Thüren stets undicht, deshalb ist es rathsamer die Fugen außerhalb und innerhalb nicht abzufasen, sondern mit kleinen Deckleisten zu dichten; mittels der letzteren lassen sich die Thürflächen nach Belieben verzieren.

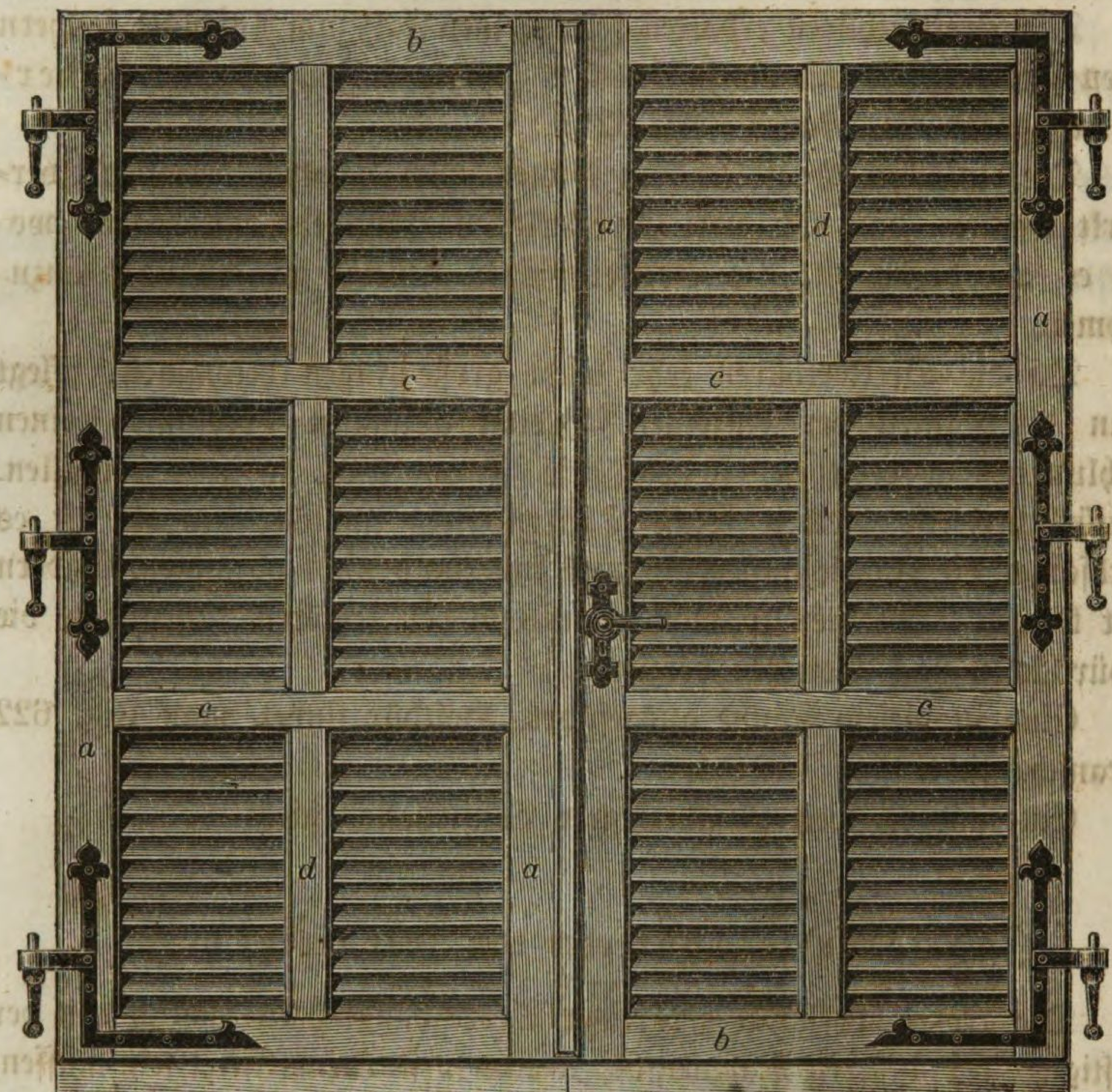
Eine in diesem Sinne ausgeführte Hofthür findet man Fig. 622 veranschaulicht.

Eine andere, weit zweckmäßigere Construction giebt

die Jalousie-Thür oder das Jalousie-Thor.

Die größte Solidität derartiger Thore hängt hauptsächlich von der Festigkeit der äußeren Rahmen ab, welche so stark construirt sein müssen, daß sich die Rahmstücke ausstemmen und genügend mit einander verbinden lassen, wie dies bei einfachen gestemmten Thüren (wie weiter unten beschrieben wird) der Fall ist. Die Eintheilung der einzelnen Felder oder Füllungen kann mannigfach sein, es muß dabei aber immer beachtet werden, daß die Solidität der Rahmstücke nicht gefährdet werde, weil davon hauptsächlich die Unveränderlichkeit der Flügel abhängig ist. Die Verbindung der Rahmstücke des, in der äußeren Ansicht dargestellten Durchfahrtsthores (Fig. 623) muß nach der angenommenen Theilung folgendermaßen sein: in die senkrechten Rahmstücke (a) greifen mittels Zapfen die Querriegel (b und c), und in diesen stecken wiederum die senkrechten kurzen Zwischenrähme (d); hinter letztere legen sich die Jalousie-Bretter gegen Falze in horizontaler Lage. Den Querschnitt dieser Construction giebt Fig. 661 weiter unten in vergrößertem Maßstabe an.

Fig. 623.



Die gestemmten oder Füllungsthüren.

Die bis jetzt mitgetheilten Herstellungsweisen sind nur bei einfachen Haus- und Hofthüren gebräuchlich, bei besserer Ausstattung, sowie bei Zimmerthüren findet man ausschließlich die gestemmten Füllungsthüren angewendet. Diese bestehen aus den Füllungen, den äußeren senkrechten Rahmen (a-a) (Fig. 625), den Querrahmen (c-d) und den senkrechten und horizontalen Riegeln (e-f) und (g-h); die letzteren zerlegen die ganze Thürfläche in kleine Abtheilungen und je nach der Anzahl derselben erhält man zwei, drei, vier, fünf, sechs und mehr Füllungsthüren. Die Zahl der Füllungen oder Felder ist demnach beliebig, nur hat man darauf zu achten, daß die kleineren einflügeligen Thüren hauptsächlich schmale Felder (Fig. 624—626) erhalten, und

daß bei doppelten Flügelthüren eine Füllungsbreite gleich der Breite des betreffenden Flügels betrage (Fig. 627—631).

Fig. 624—626.

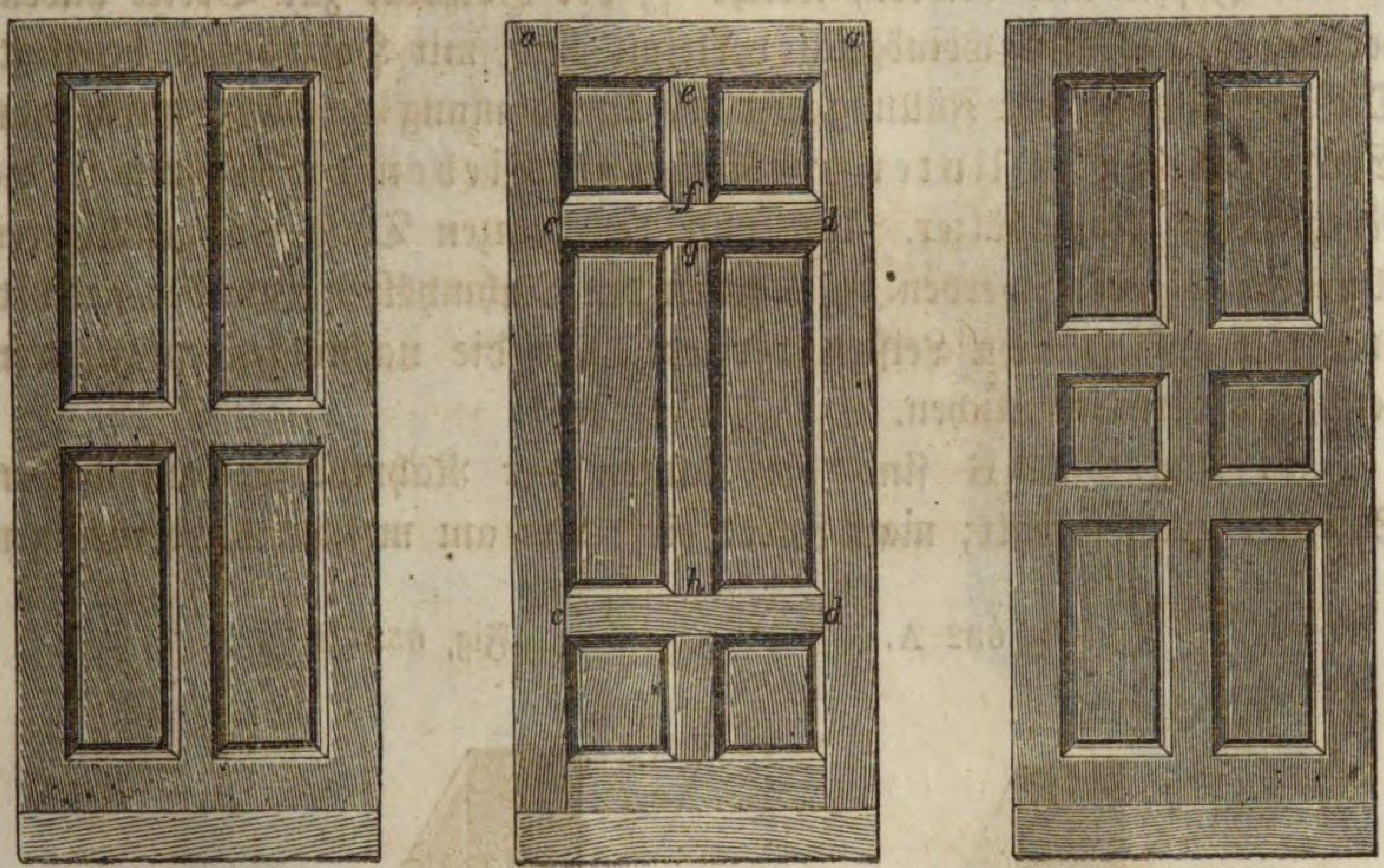


Fig. 627—631.



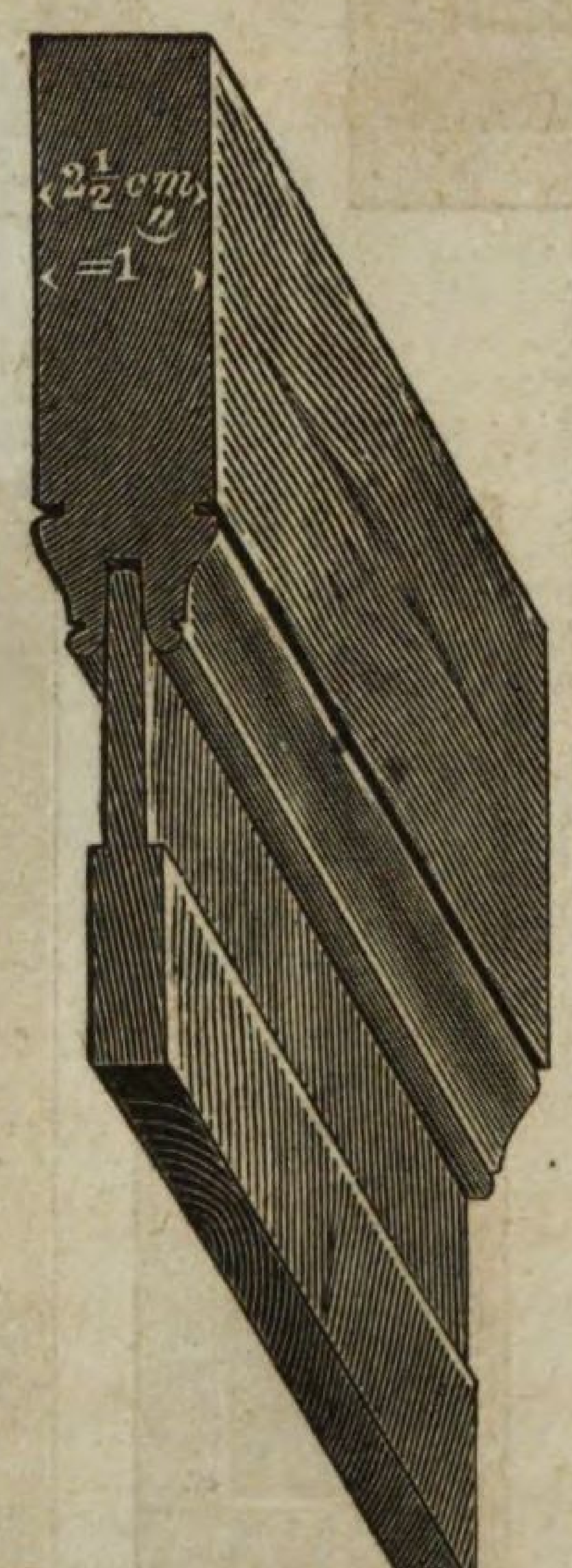
Außer den eben genannten Theilen wird am Fußende des Flügels noch ein Sockel nothwendig sein, welcher ca. 1 cm ($^2/_3$″) vorstehen kann. Was die Breite des Rahmholzes und der Querriegel betrifft, so macht man sie zwischen 10—20 cm (4—8′). Die Rahmhölzer werden mittels Zapfen und Löchern, welche $^1/_3$ der Holzdicke zur Breite haben, verbunden, alsdann womöglich verleimt und mit Holznägeln befestigt. Die Verbindung der Füllung mit der Umrahmung geschieht durch das Einschieben oder Unter- resp. Ueberschieben der ersteren in die Nuthen der Rahmhölzer. Um nun der ganzen Thür ein gefälligeres Ansehen zu geben, werden die Kanten der Rahmhölzer entweder gekehlt, oder mit aufgeleimten Leisten verziert, wie die nachfolgenden Figuren genügend veranschaulichen.

In Fig. 632 AB sind die Kanten der Rahmhölzer auf beiden Seiten einfach gekehlt; man findet diese Art am meisten bei denjenigen

Fig. 632 A.



Fig. 632 B.



Thüren angewendet, deren beiden Seiten stets sichtbar bleiben, wie z. B. bei Zimmerthüren. Ist jedoch nur eine Seite sichtbar, wie z. B. bei Speisekammer-, Boden- und Kellertreppenthüren 2c., zu sehen so braucht

nur die sichtbare Seite gekehlt zu werden, zumal dadurch geringere Holzstärken zulässig sind (Fig. 633).

Fig. 633.

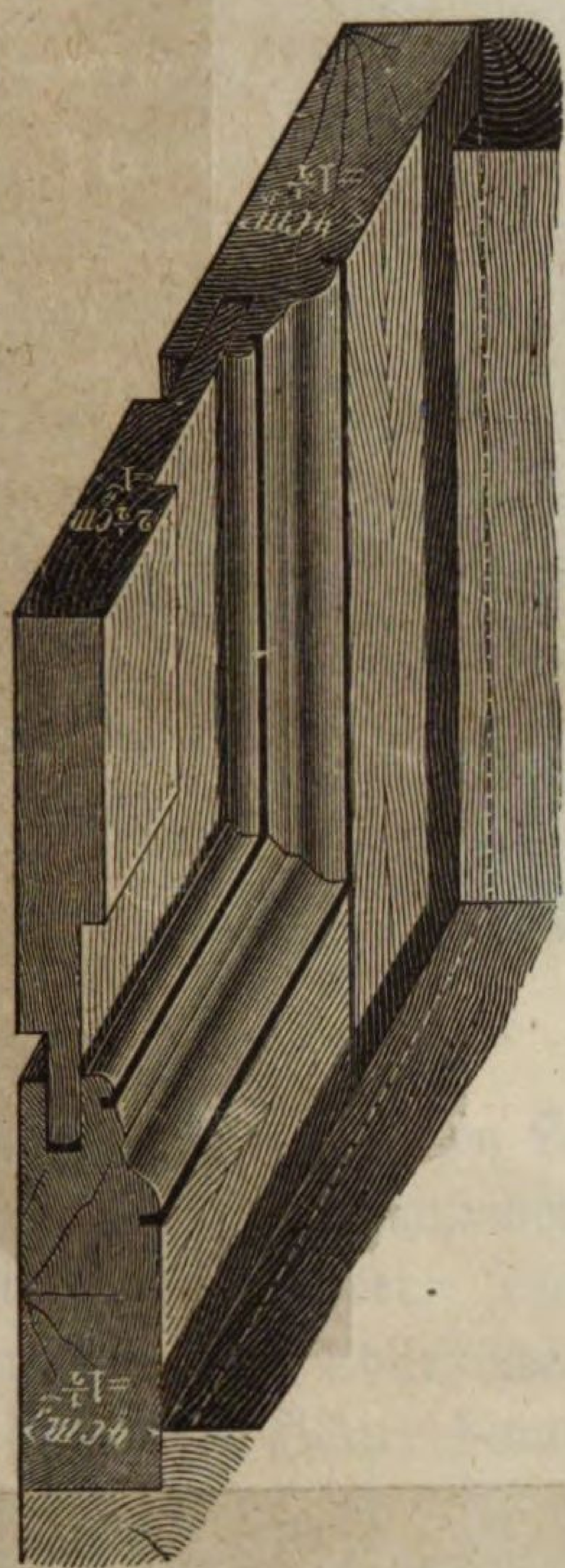


Fig. 634 A.

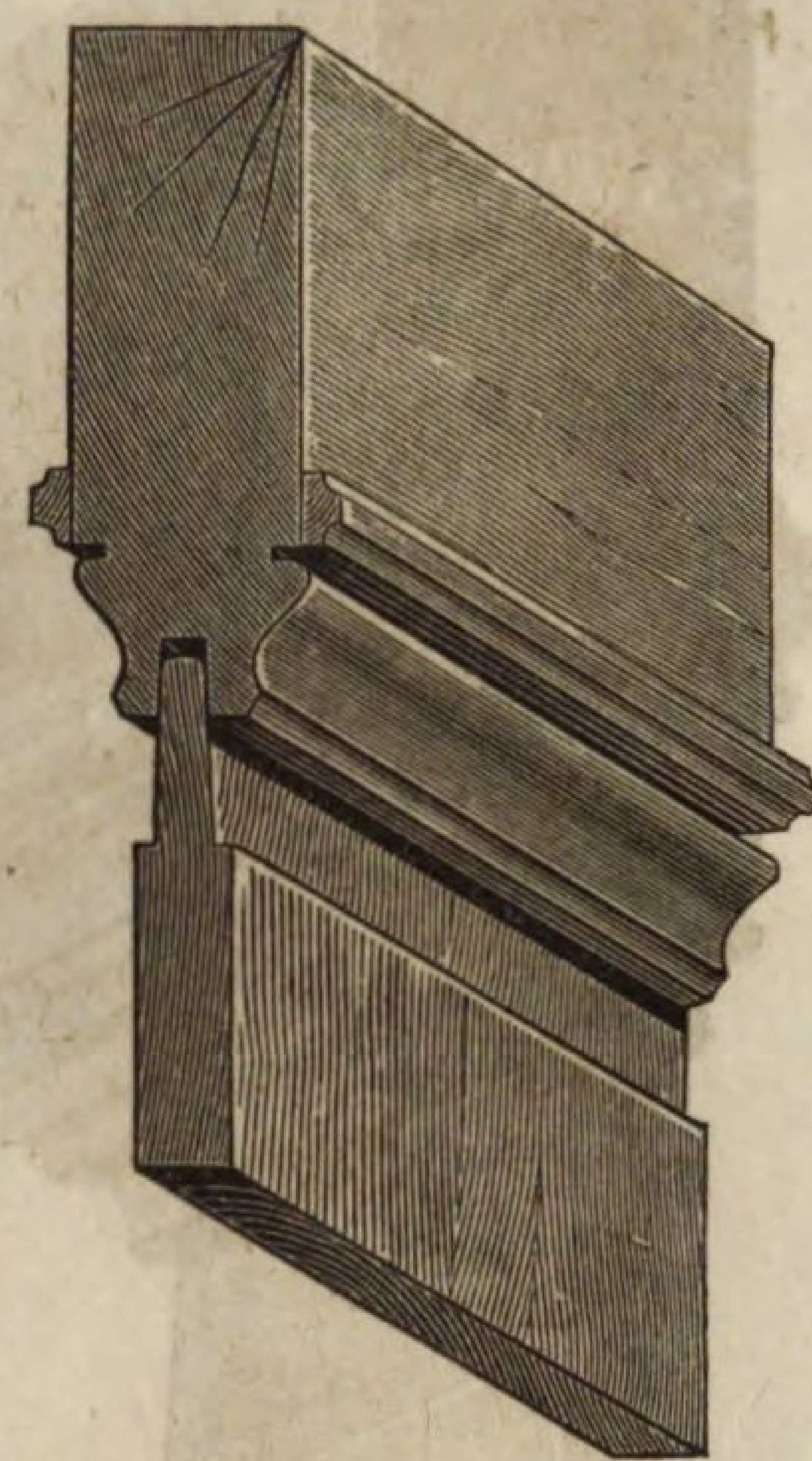
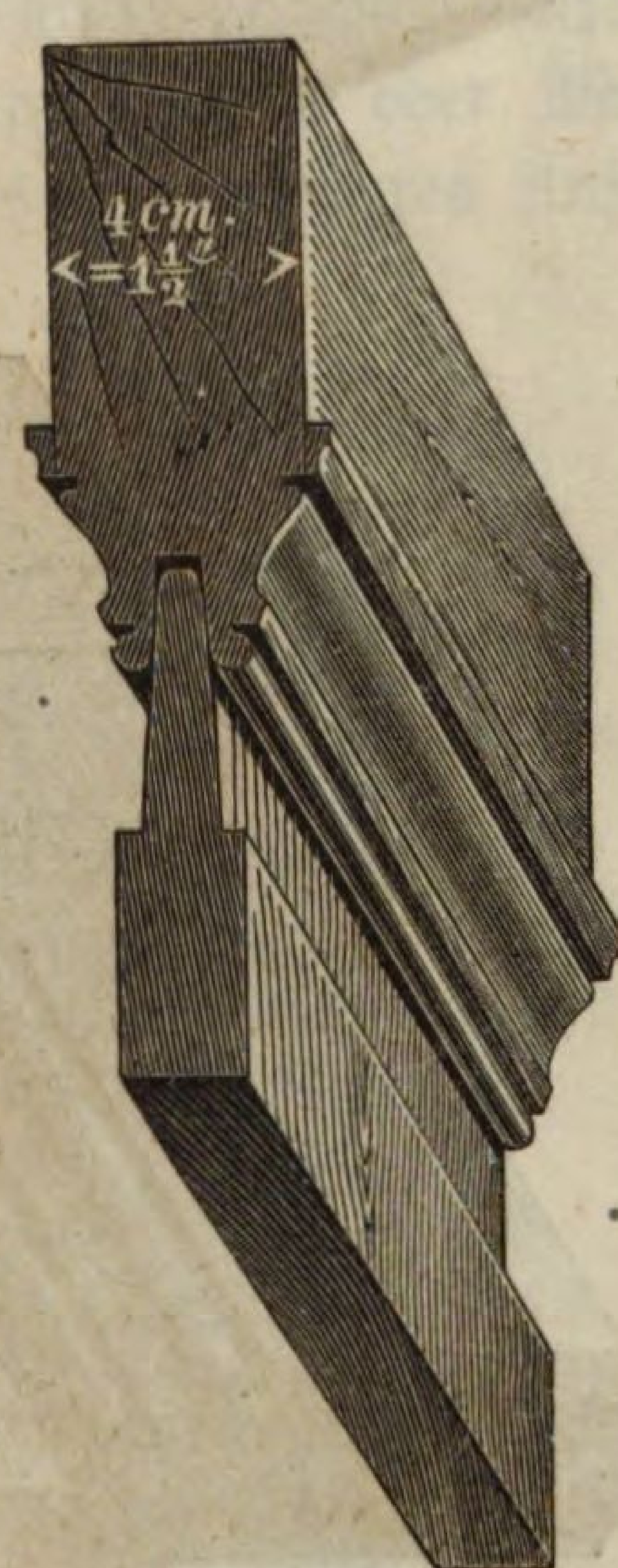


Fig 634 B.



Bei Fig. 634 A-B erhalten die einfachen Kehlungen noch aufgeleimte Leisten, doch dürfen dieselben, der Witterungseinflüsse wegen, an den äußeren Thüren resp. Thoren nicht vorkommen.

Für große reiche innere Thüren empfiehlt sich der aufgeleimte Kehlstoß mit eingeschobenen Füllungen (Fig. 635 A B), während bei den der Feuchtigkeit ausgesetzten Thüren ausschließlich der übergeschobene Kehlstoß zur Verwendung gelangen darf. (Fig. 636 A B).

Fig. 635 A.

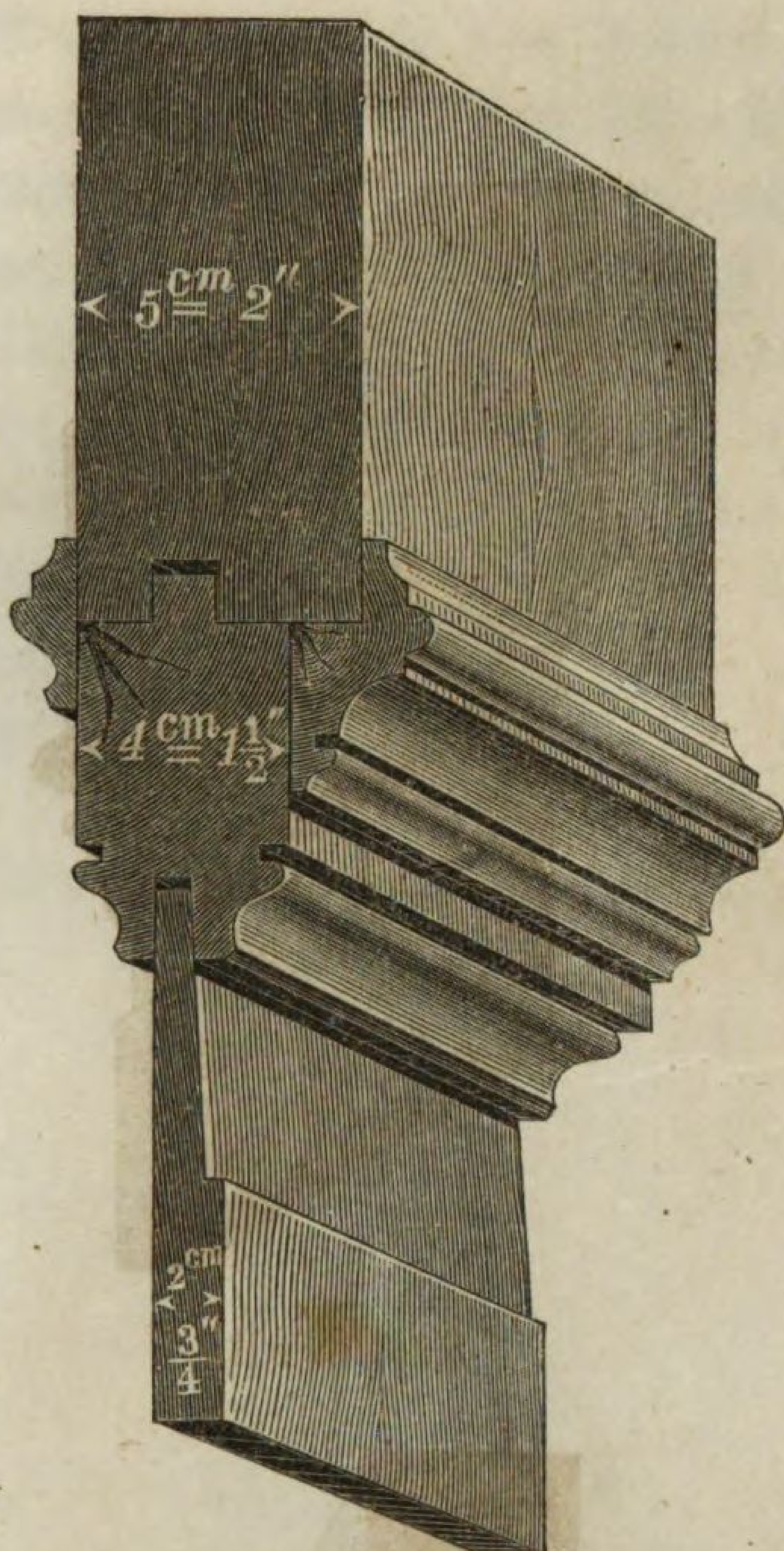
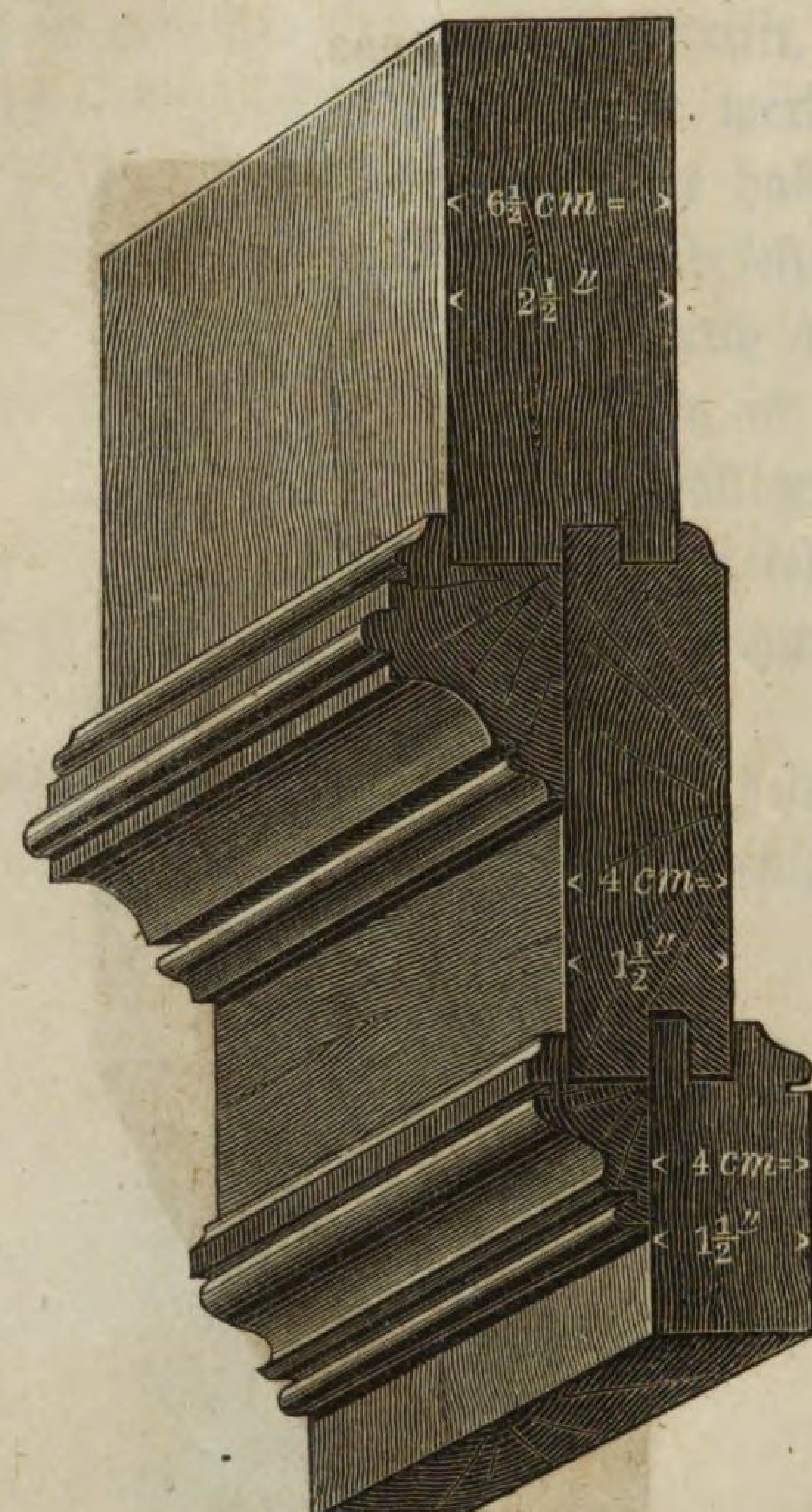


Fig. 635 B.



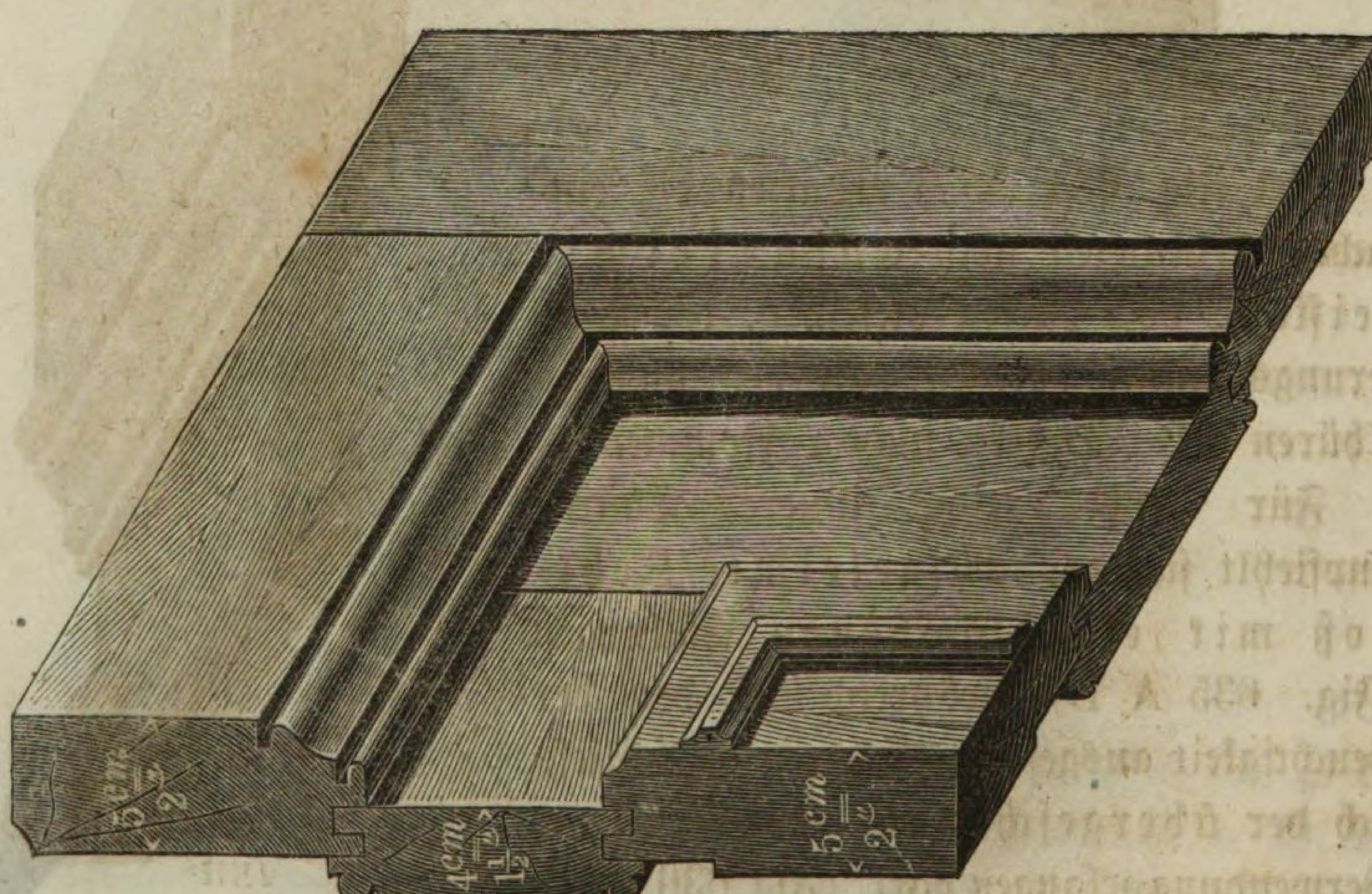
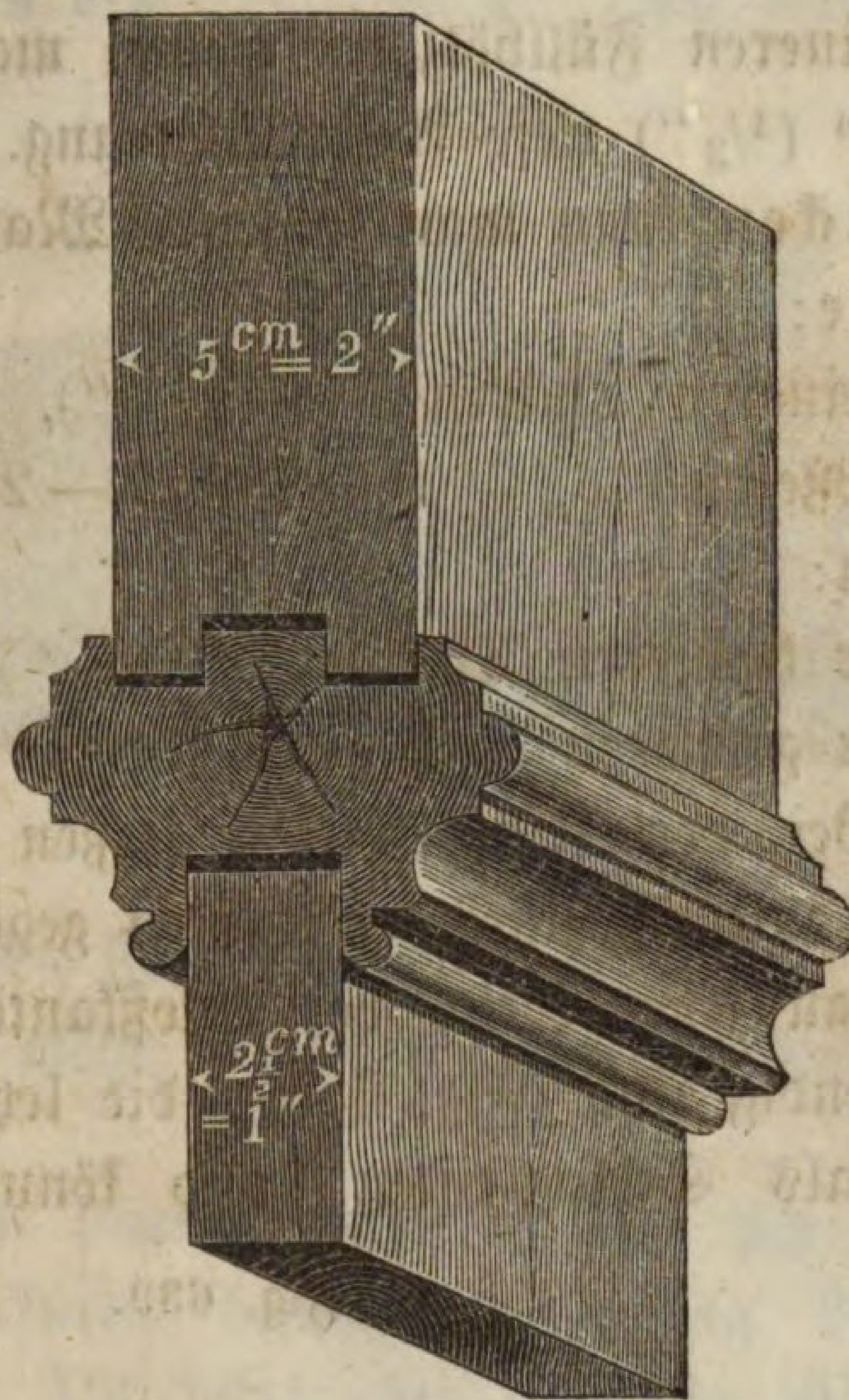


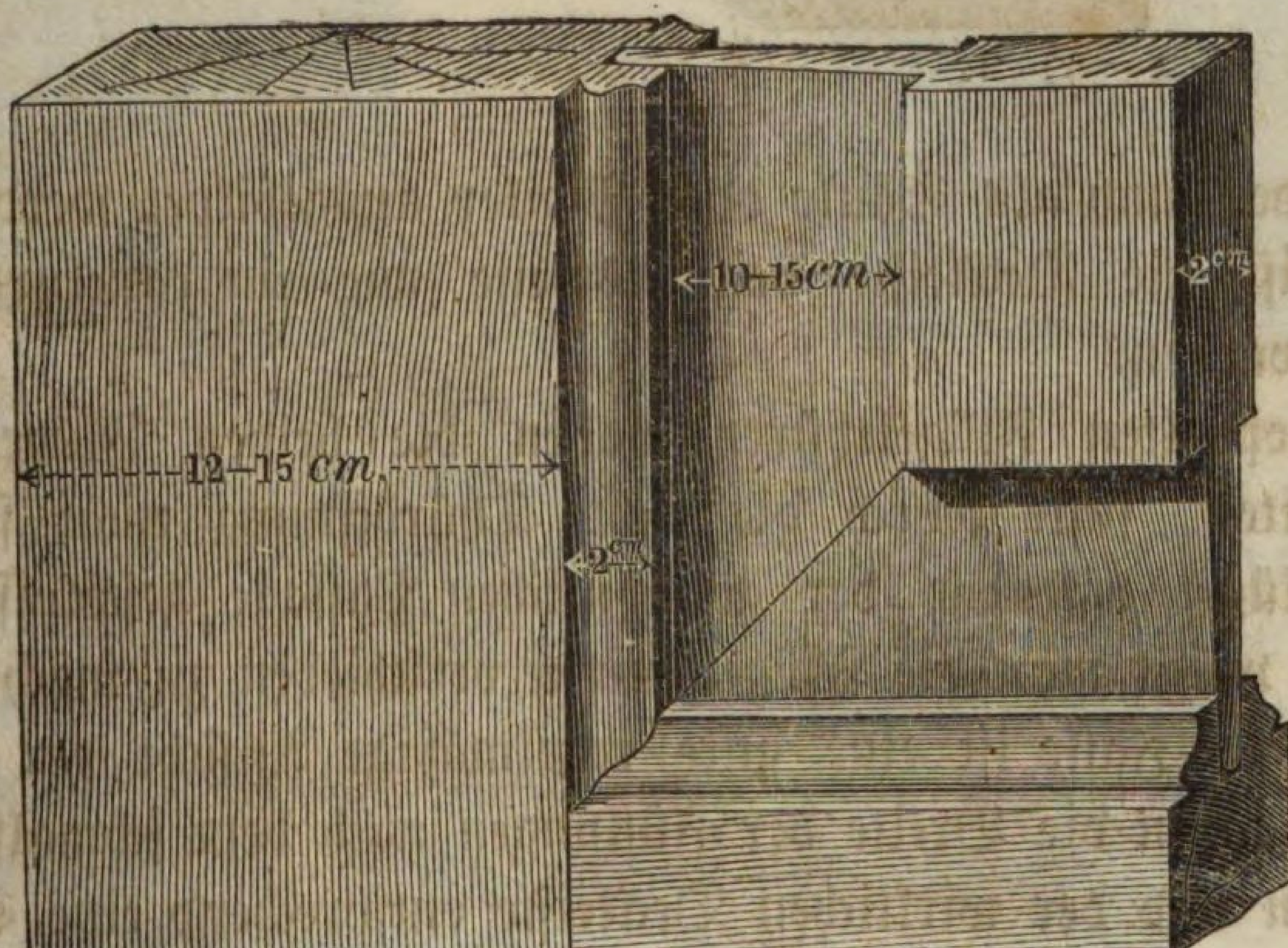
Fig. 636 A.

Fig. 636 B.



Anstatt der aufgeleimten Leisten und Kehlungen findet man auch vielfach Zink- oder Eisenguß-Verzierungen, besonders bei Hausthüren ꝛc., mit Vortheil angewendet. Durch die aufgelegten Holz- oder Metallleisten erhalten die Thürflächen ein reicheres und solideres Ansehen, trotzdem schwächere Hölzer benutzt wurden.

Fig. 637.



Die Füllungen stecken mittels Zapfen, welche durch das Abgründen, in der Breite von 4—5 cm ($1^1/_2$—2″) entstehen in den Rahmstücken (Fig. 637). Bei kleineren Füllhölzern trennt man die Füllung vom Rahmstücke durch 1 cm ($^1/_3$″) tiefe Ausgrundirung.

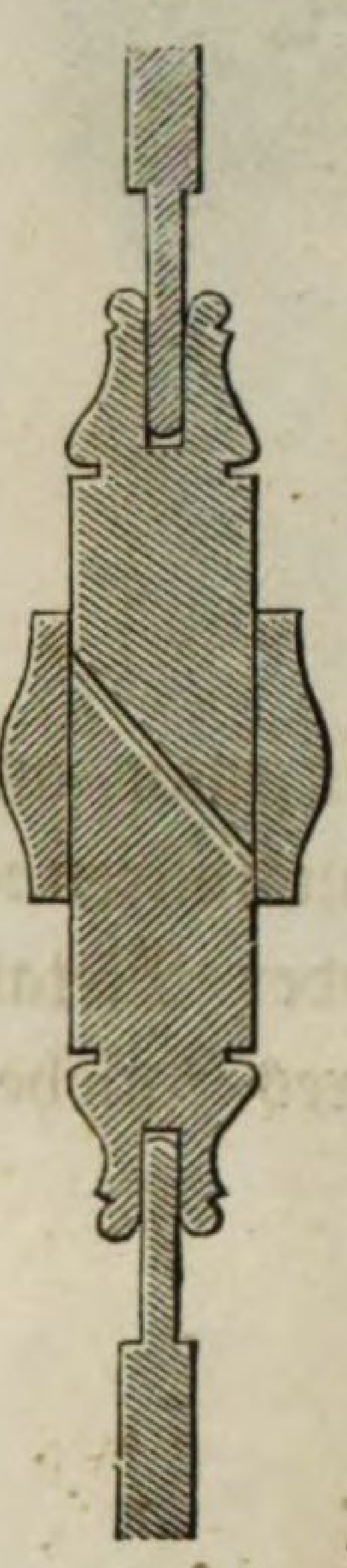
Für die Holzdicken kann man folgende Maße zu Grunde legen: für die Rahmstücke:

der kleineren Thüren 4 cm ($1^1/_2$″),
der größeren „ 5—6 cm (2—$2^1/_2$″);

für die Füllungen:

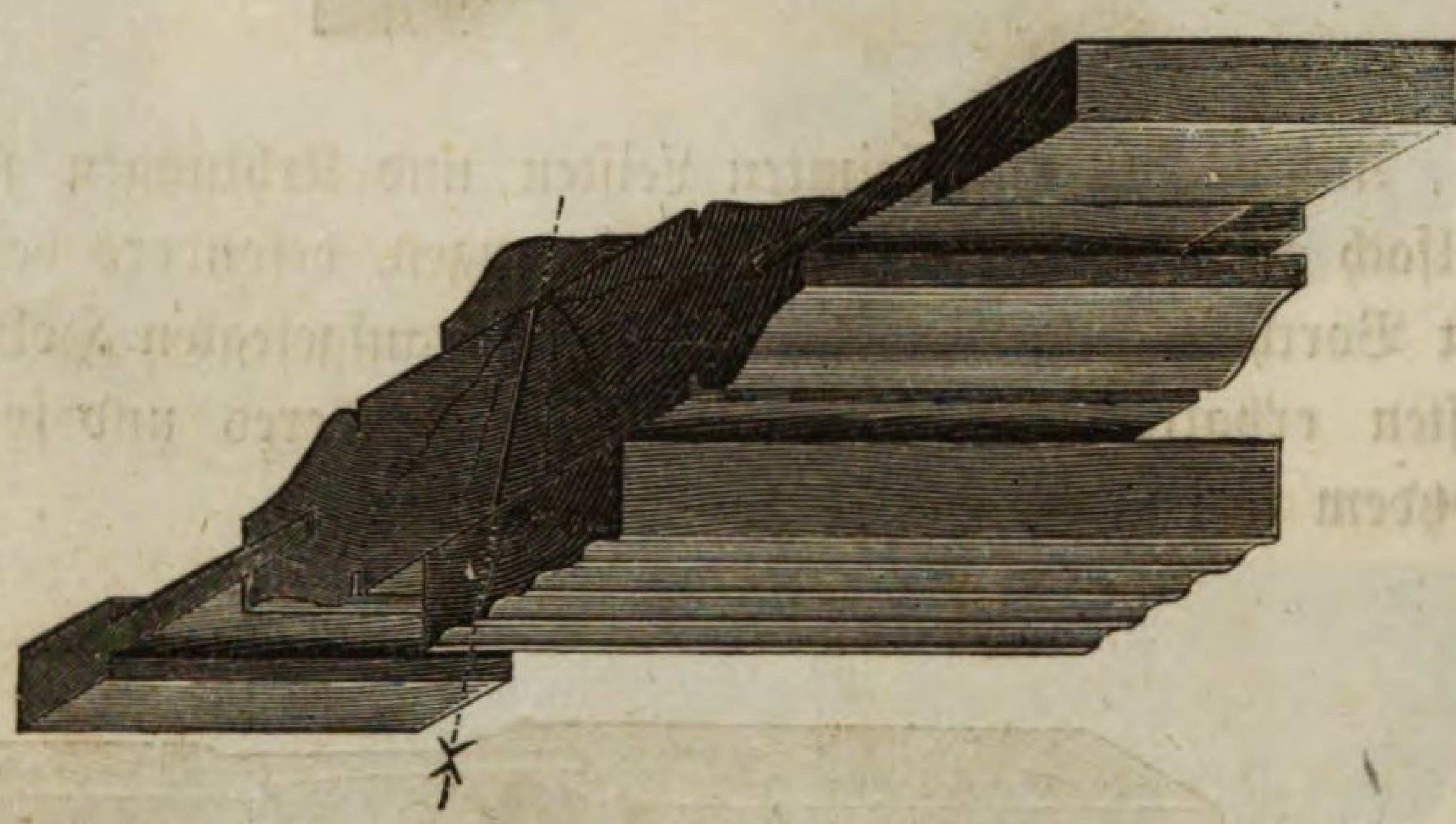
der kleineren Thüren 2 cm ($^3/_4$′)
der größeren „ $2^1/_2$ cm (1″).

Fig. 638.



Bei den Flügelthüren stoßen in der Regel beide Flügel mit abgeschrägten Kanten gegen einander, wodurch dann an jeder Seite der Stoßkanten einige Deckleisten nothwendig sind (Fig. 638); die letzteren dienen gleichzeitig als Schlagleisten, und können entweder einfach

Fig. 639.



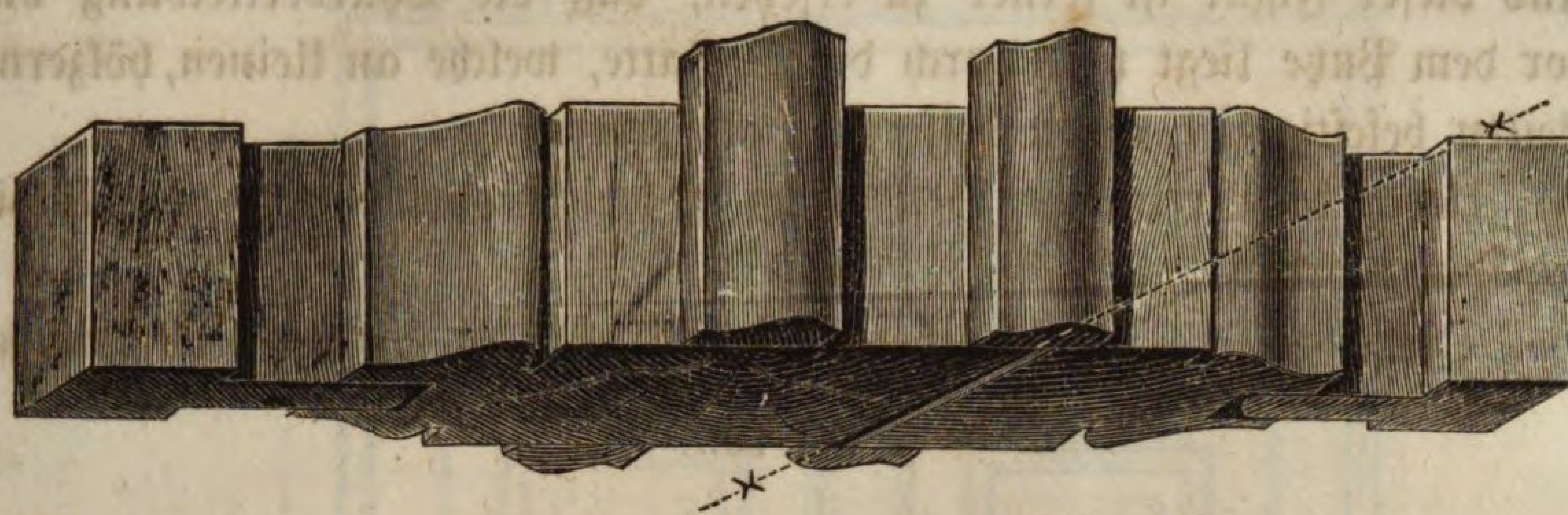
profilirt, oder auch als Säule oder Pfeiler ausgebildet werden; in Figur 639 ist die Deckleiste beispielsweise wie ein canelurter Pfeiler bearbeitet worden.

Bei doppelten Flügelthüren haben die beiden Flügel meistens gleiche Breiten, falls jedoch die lichte Thüröffnung nicht so breit ist, daß ein Flügel während der gewöhnlichen Passage geschlossen bleiben kann, dann pflegt man die Flügelbreiten verschieden zu machen.

In diesem Falle ist eine gute regelmäßige Ansicht der Thür nur zu erzielen, wenn die Breite der Füllungen nach dem schmalsten Flügel angenommen und der wirklichen Deckleiste entsprechend eine Scheinleiste

angeordnet wird; diese symmetrische Vertheilung begünstigt auch noch das bessere Anbringen des Schlosses ꝛc. (Fig. 640).

Fig. 640.



Sind die Mauern stärker als ½ Stein, so genügen die einfachen Zargenhölzer nicht mehr, sondern werden besondere **Thierfutter** nothwendig.

Bis zu 1 Stein starken Wänden läßt sich die **Bohlenzarge** gleichzeitig als Thürfutter benutzen, wie Fig. 641 bei a b angiebt, (bei x ist dann der Thürfalz); bei stärkeren Mauern hingegen wird

Fig. 641.

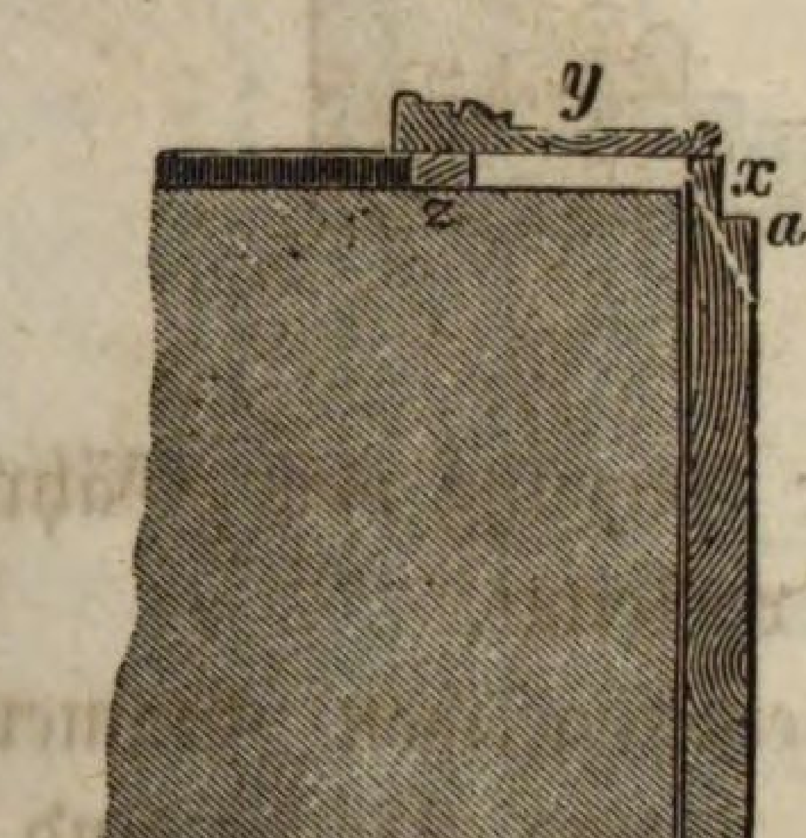
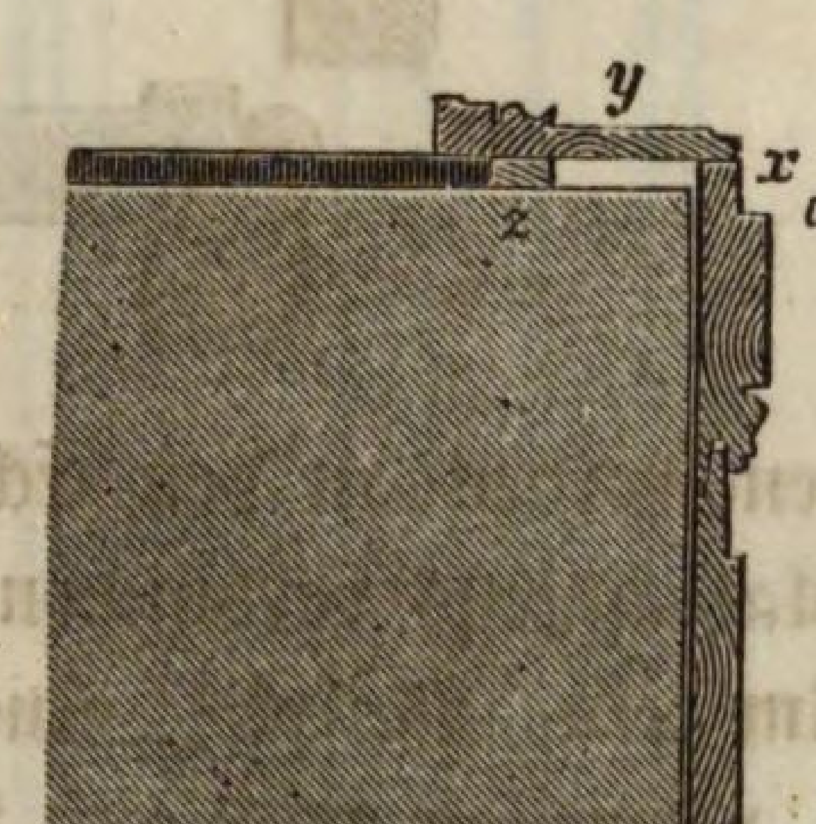


Fig. 642.



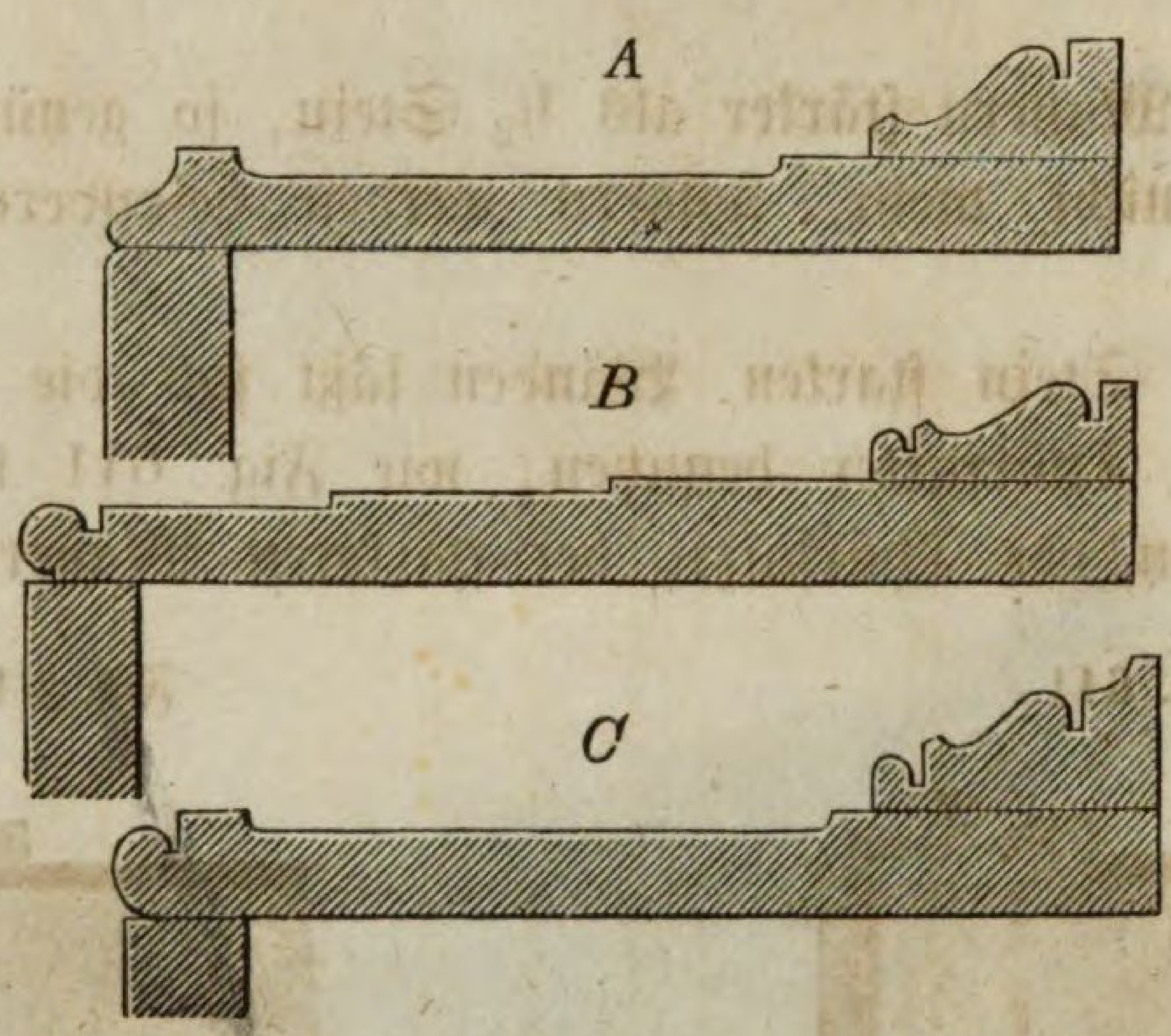
eine breite füllungsartig ausgrundierte Bohlenzarge oder ein Thürfutter (a b in Fig. 642), bestehend aus Rahmhölzern, Querriegeln und Füllungen, erforderlich. Das Thürfutter (einer Thürfüllung ähnlich gearbeitet) begrenzt die Thür seitlich und oberhalb, und stößt unterhalb gegen die eichene Schwelle, welche mit einem Falze, (für den Thüranschlag) versehen ist. Beide, Futter und Schwelle, werden mittels Zinken mit einander verbunden.

Den weiteren Abschluß an der Wand bildet die Thürenverkleidung, welche gleichzeitig als Umrahmung der ganzen Thüröffnung dient; dieselbe sitzt ringsherum unmittelbar am Futter (siehe Fig. 642). Aus dieser Figur ist ferner zu ersehen, daß die Thürverkleidung dicht vor dem Putze liegt und durch die Putzlatte, welche an kleinen, hölzernen Keilen befestigt ist, einen besseren Halt bekommt.

Ueber die Breite der Bekleidung ist weiter oben bereits das Nöthige erwähnt worden.

Die Fig. 643 A—C geben einige Profile zu Thürenverkleidungen;

Fig. 595.



dieselben werden an den Ecken mittels der Gierung oder Gährung und des Blattzapfens verbunden und alsdann verleimt.

Um ein Beispiel einer einfachen, einflügeligen Zimmerthür zu geben, verweisen wir auf Blatt 1 (Fig. 1 und 2); es sind hier die Ansichten, Grundrisse und Profile dargestellt und die genauen Dimensionen der einzelnen Theile eingeschrieben.

Die Fig. 1 giebt eine einflügelige Dreifüllungsthür; sie ist nur 0,87^{m} (2′ 9″) breit und 2^{m} circa (6′ 4″) hoch. Aus diesen Maßen wird schon ersichtlich, daß diese Thür hauptsächlich für Speisekammern und ganz untergeordnete Räumlichkeiten (Privets ꝛc.) anwendbar ist, hingegen sind in der Fig. 2 die Verhältnisse einer gewöhnlichen Zimmerthür angegeben.

Bei reicherer Ausstattung erhalten die Thüren noch einen aus Brettern hergestellten Fries und eine Verdachung, wie einige auf den Tafeln dargestellte Beispiele vergegenwärtigen. Der Fries kann ebenfalls

Fig. 644 B.

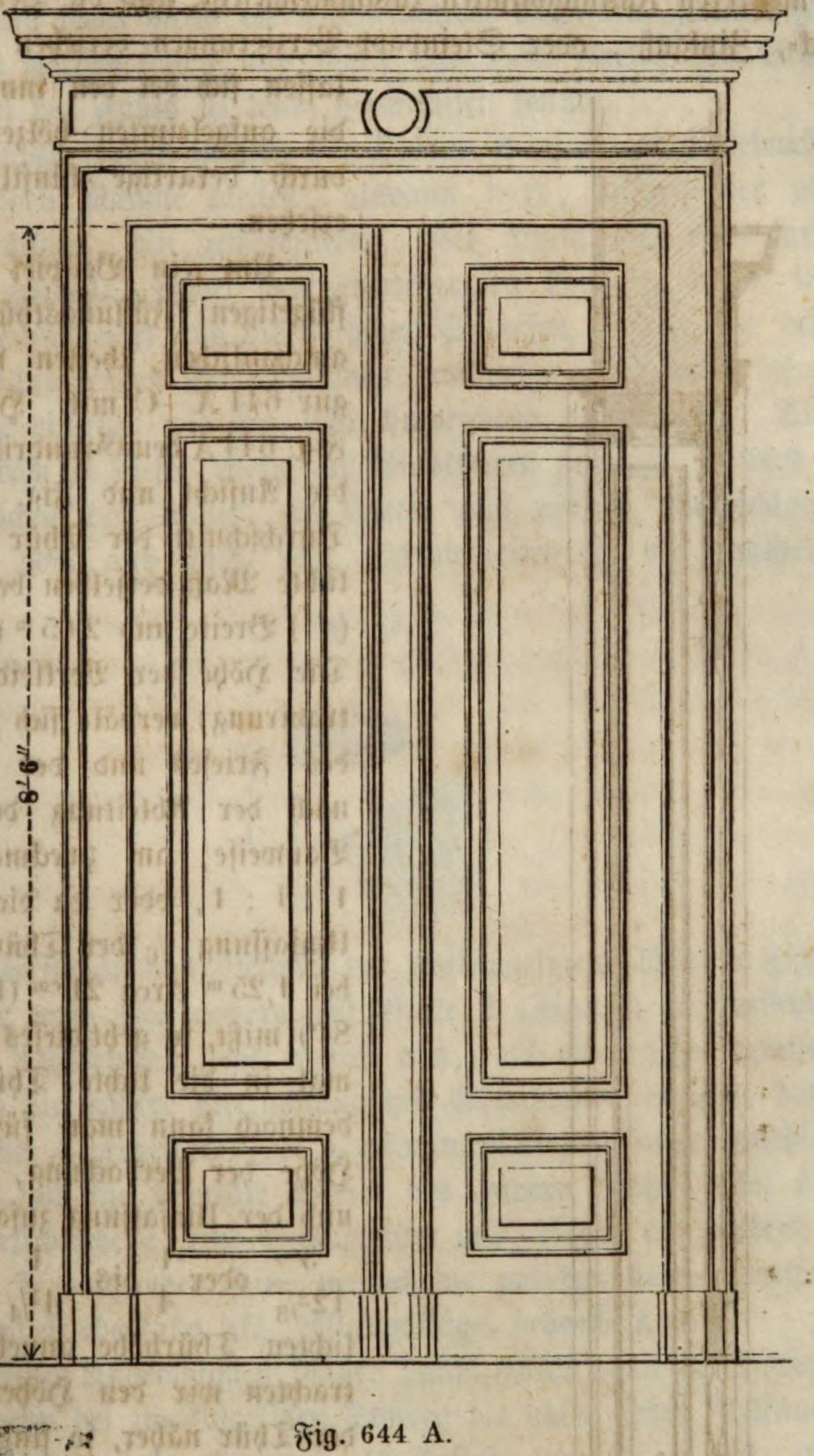
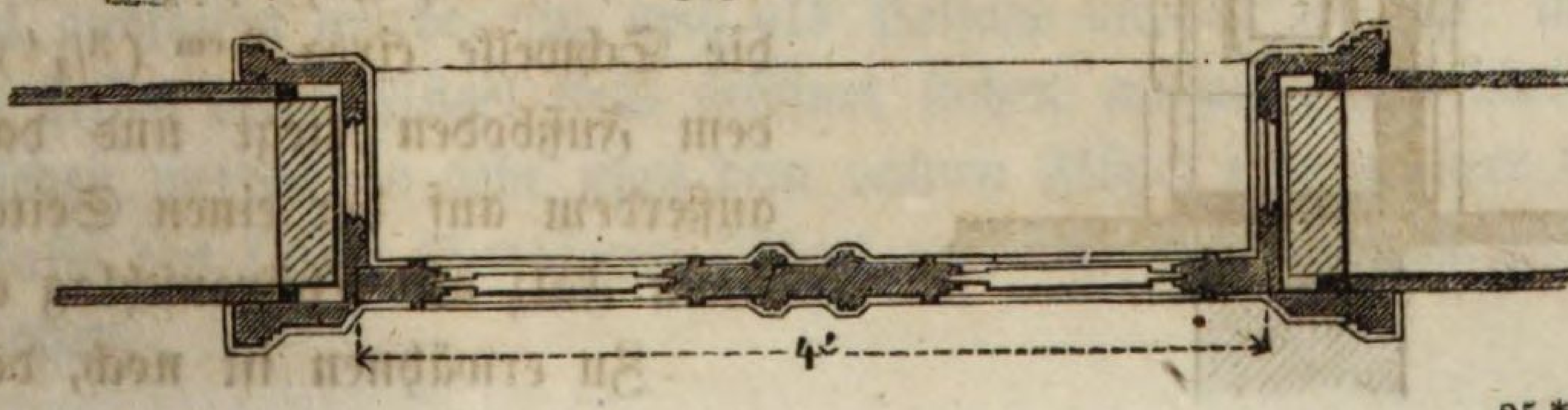


Fig. 644 A.



aus mehreren Füllungsstücken zusammengesetzt, und die Verdachung mit Stuck-, Zinkguß-, oder Steinpapp-Verzierungen versehen sein; ebenso lassen sich bei den inneren Thüren die aufgeleimten hölzernen Leisten durch derartige künstliche Massen ersetzen.

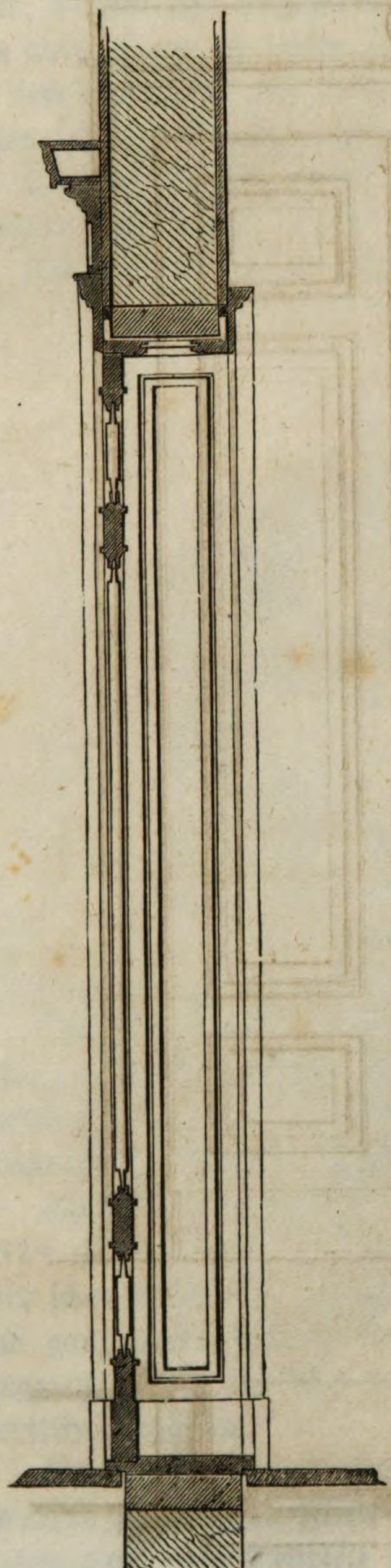


Fig. 644 C.

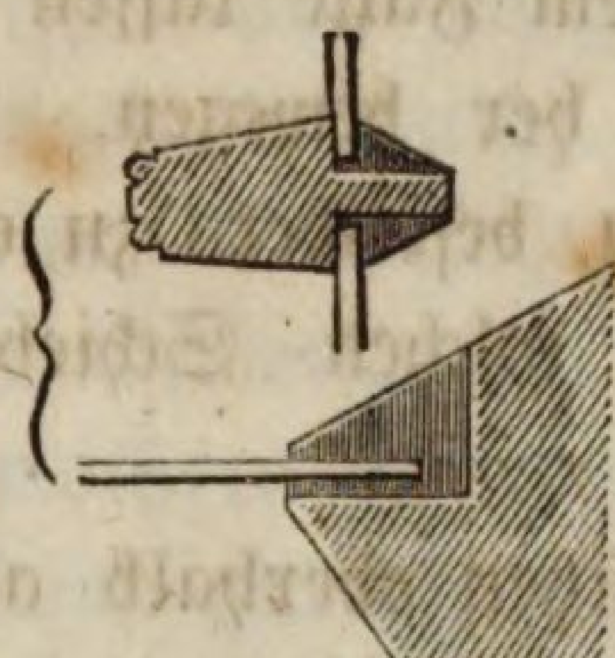
Um ein Beispiel einer zweiflügeligen Füllungsthür zu veranschaulichen, theilen wir die Figur 644 A—C mit. Hierbei stellen Fig. 644 A den Grundriß, Fig. 644 B die Ansicht und Fig. 644 C den Durchschnitt der Thür dar. Das lichte Maß derselben beträgt 1,25 m (4′) Breite und 2,65 m (8½′) Höhe. Die Höhe der Verkleidung (Architavirung) verhält sich zu derjenigen des Frieses und der Verdachung, nach der Ableitung der jonischen Bauweise, am zweckmäßigsten wie 1 : 1 : 1, oder da die Breite der Umfassung $^1/_6$ der Thürbreite, also bei 1,25 m circa 21 cm (bei 4′ circa 8″) mißt, so geht dieses Maß $12^2/_3$-mal in die lichte Thürhöhe auf; demnach kann man für die ganze Höhe der Verdachung, des Frieses und der Umfassung zusammen circa $\frac{3}{12^2/_3}$ oder $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{4^1/_4}$ der ganzen lichten Thürhöhe annehmen. Betrachten wir den Höhendurchschnitt der Thür näher, so finden wir, daß die Schwelle circa 2 cm (¾′) über dem Fußboden liegt und daß sie außerdem auf der einen Seite noch einen Falz als Thüranschlag erhält.

Zu erwähnen ist noch, daß die

Thürschwelle häufig mit dem Fußboden ganz bündig liegt; dies findet besonders dann statt, wenn die nebeneinander liegenden Zimmer gleichzeitig benutzt werden sollen und somit das Hervortreten der Schwelle ein Stolpern des Fußes rc. leicht veranlassen könnte.

In manchen Fällen müssen die Thüren ebenfalls zur Beleuchtung der anliegenden Räume dienen, alsdann wird, anstatt der oberen hölzernen Füllung, ein gewöhnlicher, oder gemusterter resp. farbiger Glaseinsatz gewählt, wobei man entweder die Kittfalze direct in die Rahmstücke einschneidet und die nöthigen Sprossen, ebenso wie bei den später zu beschreibenden Fensterrahmen, anbringt, oder auch besondere Glasrahmen einsetzt, wie Fig. 645 hinreichend verdeutlicht. Werden die Hausthüren in dieser Weise als Glasthüren gefertigt, so wird vielfach, zum Schutz des Glases, ein Gitter aus zierlich ausgeschlagenem Eisenbleche, oder aus Guß- resp. Schmiedeeisen auf die Rahmen geschraubt.

Fig 645.



Anschließend an das Beispiel der zweiflügeligen Thür in Fig. 644 bringen wir noch eine andere auf Blatt 2 (Fig. 1) in Ansicht und Grundriß. Anscheinend sieht es fast aus, als ob dieselbe dreiflügelig wäre, jedoch die nähere Betrachtung des Grundrisses ergiebt, daß sich die Flügel bei c drehen und bei a zusammenschlagen lassen, mithin der eine Flügel fast die doppelte Breite des andern besitzt. Bei a muß dann natürlicherweise eine Schlagleiste und dieser entsprechend, die Scheinleiste b vorhanden sein, wonach die zwischen beiden entstehende Fläche äußerlich ebenfalls als Füllungsflügel behandelt wird.

Dergleichen Anordnungen können hauptsächlich dann zur Anwendung gelangen, wenn bei zweiflügeligen Thüren die halbe lichte Oeffnung zu schmal ausfallen würde, um noch als Passage nutzbar zu sein, und in Folge dessen beide Flügel stets geöffnet stehen müßten; soll dies aber vermieden werden, so gebe man dem rechten Flügel eine größere Breite und lasse den linken schmaleren Flügel während des täglichen Verkehrs geschlossen.

Die Schiebethüren.

Die großen Flügelthüren haben in Gesellschaftszimmern den Nachtheil, daß die zurückgeschlagenen Flügel einen bedeutenden Platz einnehmen, und außerdem noch, falls Portieren vor der Thüröffnung hängen, sogar ganz ausgehängt werden müssen, um nicht die Vorhänge zu verderben. Aus diesen Gründen pflegt man in neuerer Zeit vielfach Schiebe- oder Coulissenthüren anzuordnen, besonders wenn mehrere nebeneinander liegende Zimmer in fortwährender, gleichzeitiger Benutzung bleiben sollen.

Die Construction der Flügeln bleibt dieselbe, wie bei den bis jetzt mitgetheilten Beispielen, jedoch muß die Befestigung und Bewegung derselben ganz anders sein. Die Schiebethüren werden nämlich nach beiden Seiten in Mauerschlitze geschoben, deshalb sind einige Rollen nothwendig, welche entweder an der unteren oder oberen Flügelkante befestigt sein können; in letztem Falle lassen sich die Schiebeflügel auf eisernen Schienen hin und her bewegen. Diese Anordnung ist, der leichteren Beweglichkeit wegen, besonders zu empfehlen.

Die Anordnung einer solchen Schiebethür veranschaulichen die Figuren auf Blatt 3.*)

Wie dieselben zeigen, sitzen oberhalb an jedem Flügel 2 Rollen, welche auf einer durchgehenden Schiene ruhen.

Den Querschnitt der Schiene und die Ansicht der Rollen geben die Fig. 3 und 4; hiernach wird an das Winkeleisen a eine schwache Flachschiene b, auf welcher sich die Rollen hin und her bewegen, genietet. Das obere Stück des Thürfutters e ist beweglich, so daß man jeder Zeit den ganzen Flügel nebst der Gabel und den Rollen ausheben kann.

Die ganze Thür steht circa 0,5^{cm} ($^1/_4$'') über dem Fußboden und hat an der unteren Kante eine dünne eiserne Schiene (x in Fig. 5), welche in einem eisernen Schlitze in der Führung spielt.

Das gänzliche Hinausziehen des Flügels kann durch eine angeschraubte Latte verhindert (Fig. 6) werden. Aus dem Grundrisse (Fig. 2) ist die ganze Anlage zu ersehen.

---

*) Anmerkung. Entnommen aus Haarmanns Zeitschrift für Bauhandwerker Heft 1 Jahrgang 1869 und Breymann II. Theil.

Die Hausthüren und Durchfahrtsthore.

Die Hausthüren werden allgemein stärker construirt, als die Zimmerthüren, und namentlich vermeidet man an der äußeren Fläche der ersteren jede aufgeleimte Füllung und Leiste. In den allermeisten Fällen haben die Hausthüren drehbare Flügel, welche sich stets nach dem Flure öffnen lassen.

Der Anschlag für Hausthüren beträgt $1/2$ Stein, und der Rücksprung in die Mauer 1 Stein, wodurch also die ganze Thüranlage soviel wie irgend möglich gegen Regen 2c. geschützt sein wird. In der Regel pflegt man über Hausthüren noch ein Oberlicht, d. h. ein feststehendes Fenster anzubringen, damit auch bei geschlossenen Thüren der Corridor oder Flur vollständig erleuchtet bleibt. Wegen des Oberlichtes muß die Thür dann noch ein Loosholz erhalten, gegen welches sowohl die Thorflügel, als auch die Oberlichtfenster innerhalb anschlagen. Eine derartige Hausthür ist auf Blatt 2 Fig. 2 gezeichnet; es wird zu derselben keine besondere Beschreibung nothwendig sein, da schon das Wesentlichste weiter oben angeführt wurde. Wir lassen hier schließlich noch über die Zeichnung einer Durchfahrtsthür, welche auf Blatt 2, Fig. 2 dargestellt ist, einige Bemerkungen folgen. Bei Durchfahrten sind stets große Durchfahrtsthore erforderlich; durch diese macht sich jedoch besonders der Uebelstand geltend, daß die großen Flügel meistentheils gänzlich geöffnet stehen bleiben, und somit Staub, Hitze und Kälte ungehindert in das Gebäude und die Wohnräume einzudringen vermögen. Um diese Unannehmlichkeiten zu vermindern, ordnet man häufig eine Einrichtung an, welche nur beim Durchfahren der Wagen das ganze Oeffnen beider Thorflügel bedingt, während der Personenverkehr mittelst einer, an den großen Durchfahrtsflügeln hängenden kleineren Thür ermöglicht wird. Betrachten wir nun Fig. 2 auf Blatt 2, so sehen wir, daß acef und bdef die beiden Thorflügel bezeichnen, während abcd die kleinere Thür, welche sich um bd dreht, darstellt.

Um die Wagenräder von dem Mauerwerk abzuhalten, sind die Prellsteine oder Radabweiser kk nothwendig; ferner ist über der Thür noch ein Oberlicht vorhanden.

Die Schlosserarbeiten an den Thüren.

Um eine Thür oder ein Thor dem Gebrauche zu übergeben, genügt nicht allein die sorgfältige Herstellung sämmtlicher hölzernen Theile,

sondern müssen auch die nothwendigen Verbindungs- und Bewegungs-mechanismen, welche hauptsächlich vom Schlosser gefertigt werden, solid und zweckentsprechend angeordnet sein. Man nennt letztere Theile kurzweg den „Beschlag" und versteht hierunter die **Bänder** nebst **Stützhaken**, sowie den eigentlichen **Verschluß**.

Mittelst des Beschlages wünscht man: erstens die Thürflügel mit dem Zargenholze so zu verbinden, daß das Oeffnen und Schließen mit Leichtigkeit erfolgen kann, zweitens die Thür mittelst einer Vorrichtung in geschlossenem Zustande zu halten, und drittens die ganze Holzfläche noch feuersicher zu umhüllen. Die letzte Bedingung wird meistens bei denjenigen Thüren geboten sein, welche gewisse Räumlichkeiten, z. B. Kassen, Magazine, Schornsteinvorgelege ꝛc. feuersicher abschließen sollen. Häufig werden auch die Thüren, welche bei feuerfesten Treppenanlagen den Bodenraum absperren, in dieser Weise feuersicher bekleidet.

Die Construction solcher Thüren ist sehr einfach; es werden die Füllungen mit Rahmhölzer so umfaßt, daß beide Seiten bündig, also ohne weitere Kehlungen und Vorsprünge bleiben, alsdann wird die eine, auch wohl beide Seiten mit dünnem Eisenbleche beschlagen, und bei eleganterer Ausstattung die äußere Fläche dann noch mit Zinkgußverzierungen versehen.

Die Verbindung der Thürflügel mit der Zarge geschieht mittelst **Bändern** und den dazu gehörigen **Haken**.

Man unterscheidet:

1. **Ringbänder** und **Zapfenbänder**;
2. **gekröpfte Bänder**;
3. **einfache Bänder**;
4. **Kreuzbänder**;
5. **Winkelbänder**;
6. **Fischbänder** und
7. **Charnierbänder**.

Die Verwendung der **Ring-** oder **Hals-** und **Zapfenbänder** geschieht fast ausschließlich bei großen schweren Scheunenthoren; es wird nämlich ein Ring oberhalb der Thür im Mauerwerk vergipst (Fig. 646), und unterhalb eine Pfanne (Fig. 647) in die Schwelle so eingelassen, daß das Zapfenkreuz (Fig. 648), welches auf der oberen Kante des Flügels sitzt, in das Ringband eingreift. Das an der unteren Kante des Thores befindliche Zapfenband (Fig. 649) setzt sich auf die Pfanne (Fig. 647); natürlicherweise muß der Mittelpunkt des Ringbandes senk-

recht über demjenigen der Pfanne stehen, damit die Drehung der Thürflügel eine gleichmäßige und horizontale bleibe. Bei diesen Bändern

Fig. 646.

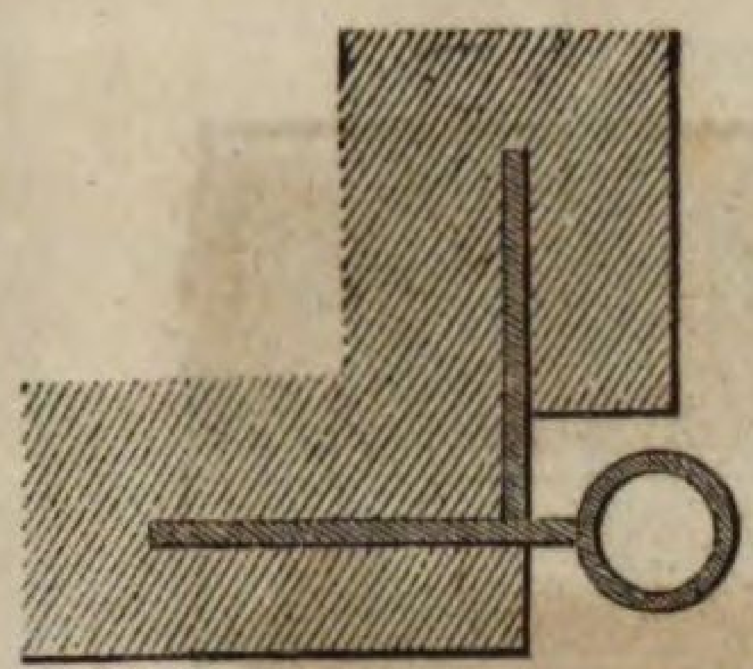
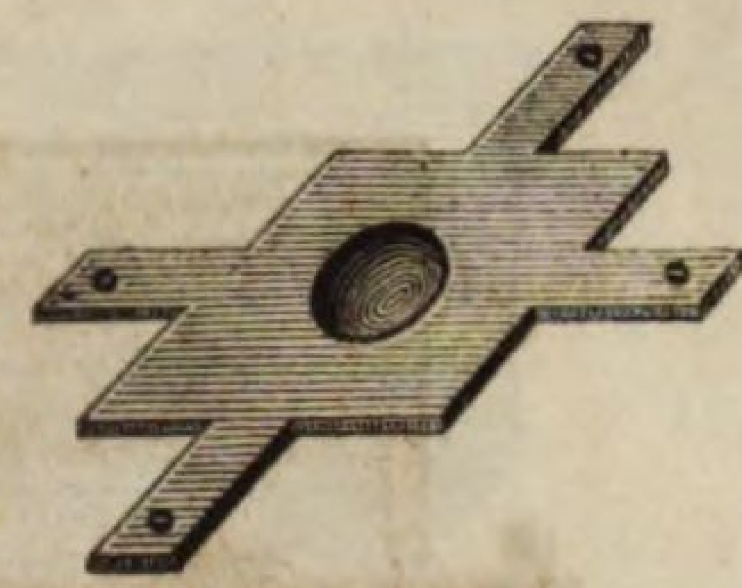


Fig. 647.



wird es unerläßlich sein, daß die Drehaxe sich gerade an dem Ende des Flügels befindet; in einigen Fällen ist jedoch bei schweren Thüren erwünscht, daß die Axe hinter der Thür liege, wobei alsdann das

Fig. 648.

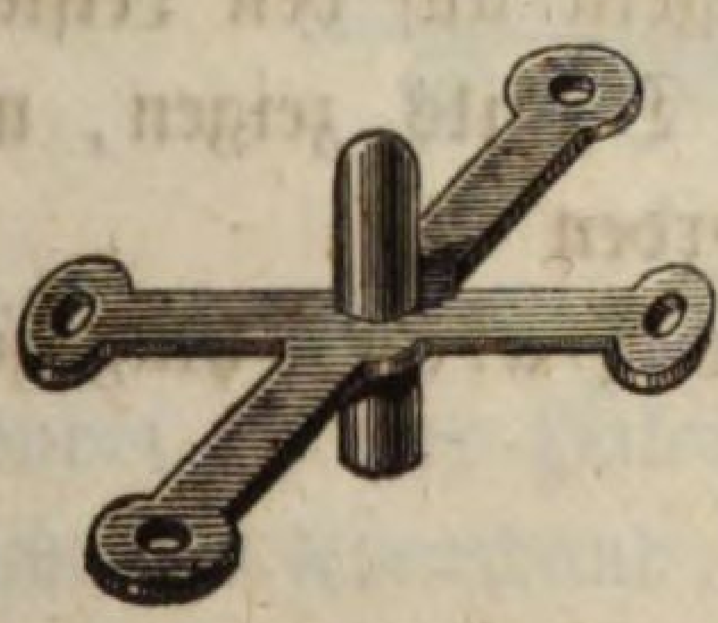
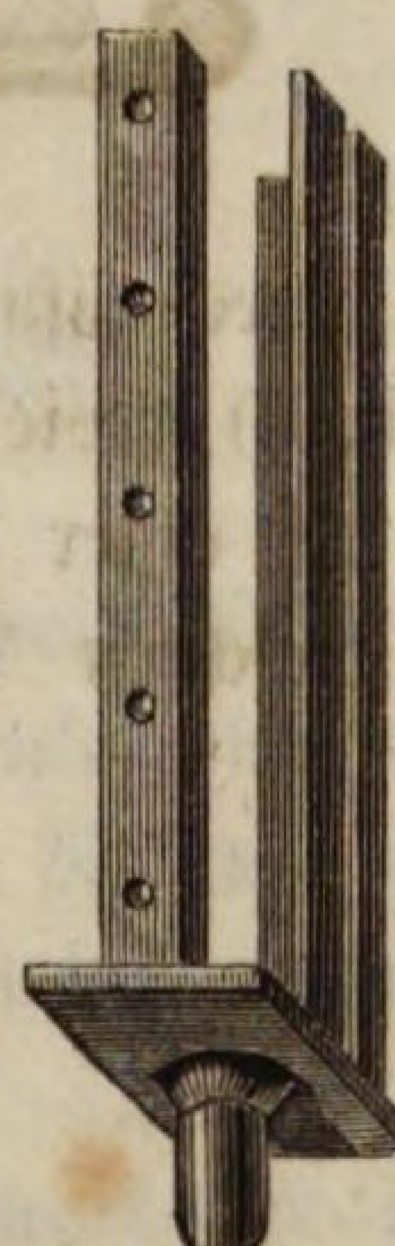


Fig. 649 A.

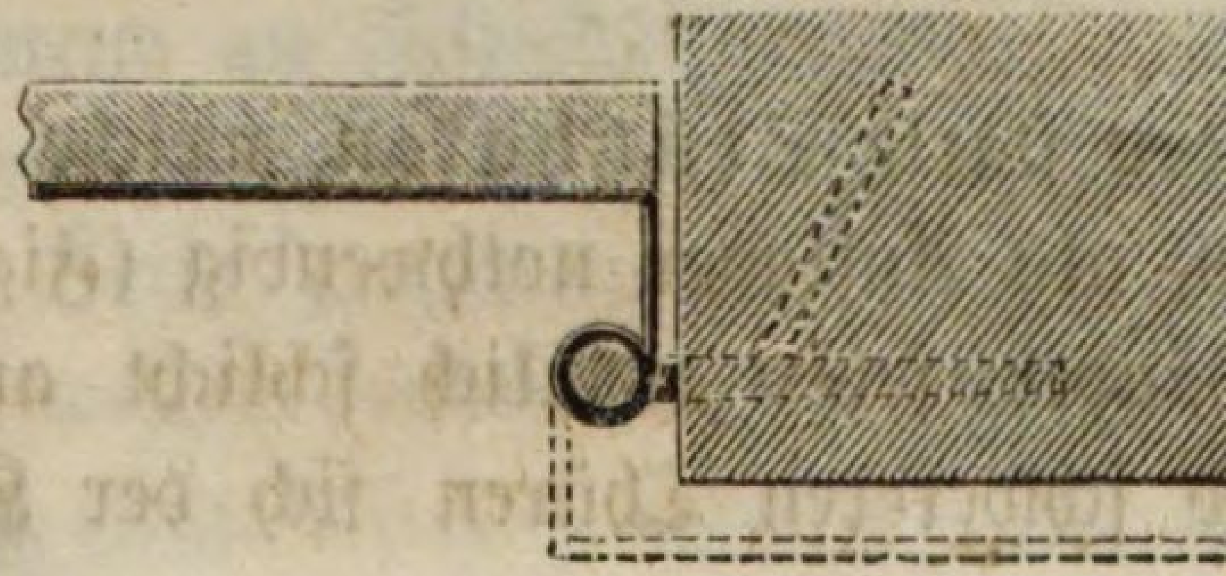


Fig. 649 B.



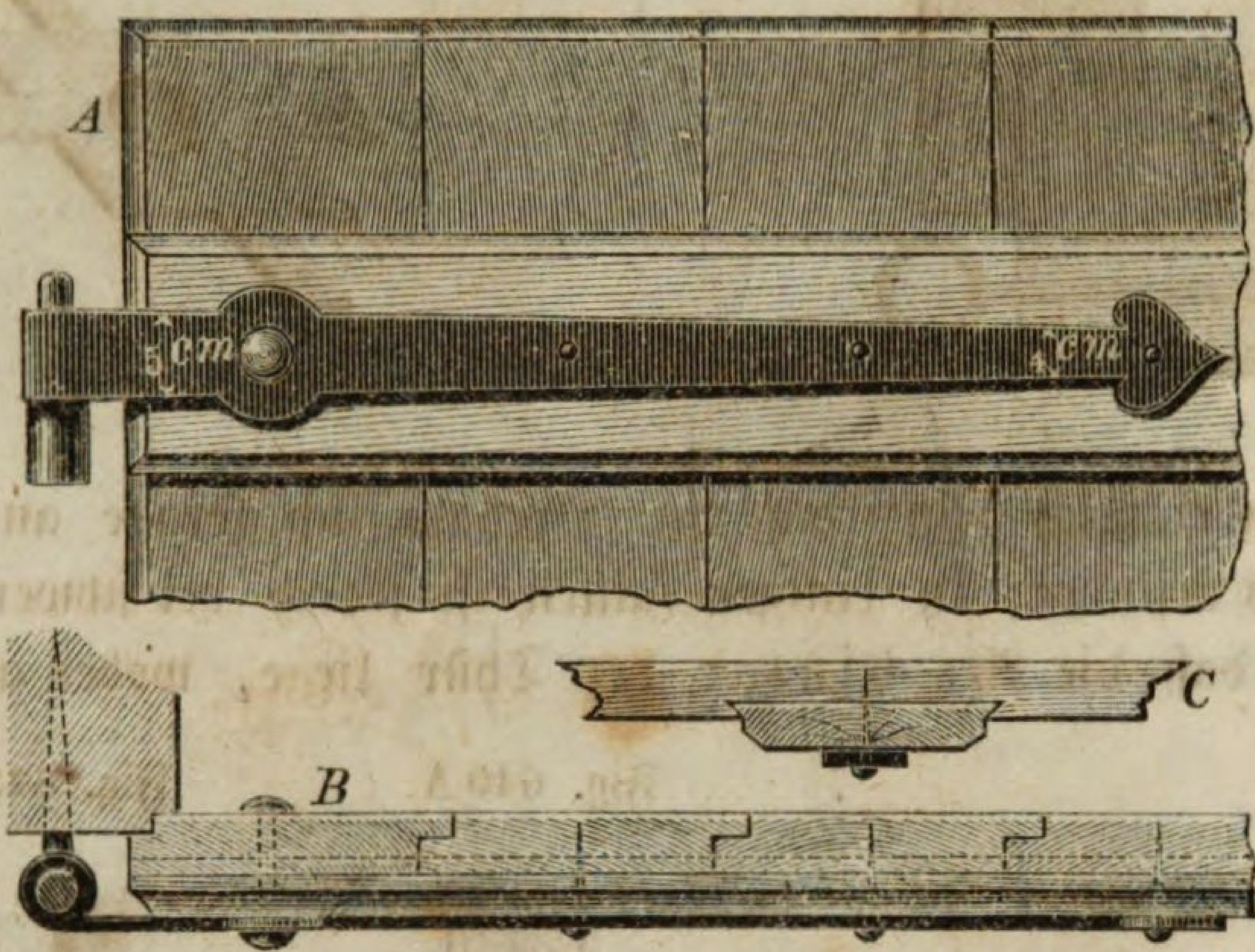
gekröpfte Band (Fig. 650) zu empfehlen sein würde. Dasselbe muß recht kräftig hergestellt und mit Holzschrauben befestigt werden; die ganze Thür erhält durch die Bänder dann noch einen bedeutend größeren Halt.

Fig. 650.



Bei den einfachen leichten Thüren, wie z. B. bei Boden-, Keller-, sowie Hofthüren, wählt man nur einfache Bänder, welche auf Stützhaken ruhen. Dieselben sind ca. 0,3—0,5 m (1—1½′) lang, und

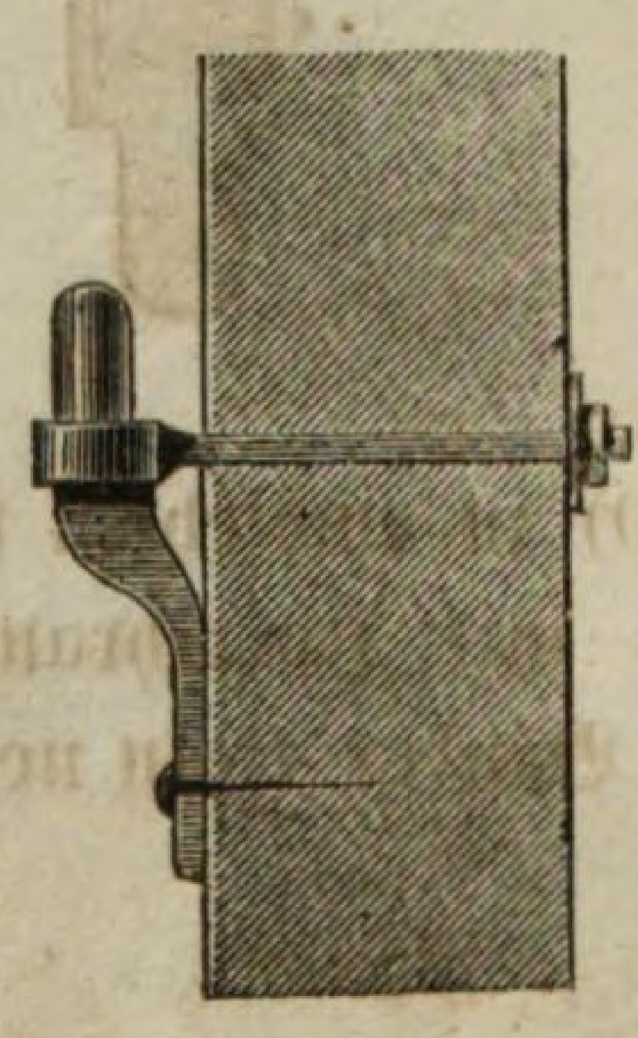
Fig. 651.



sitzen am zweckmäßigsten mittelst kräftiger Nägeln auf den Leisten (bei Leistenthüren), wie Fig. 651 A und B in den Details zeigen, und in Fig. 620 bei einer Bretterthür angewendet worden ist.

Bei leichten Thüren genügen einfache Haken, hingegen bei

Fig. 652.

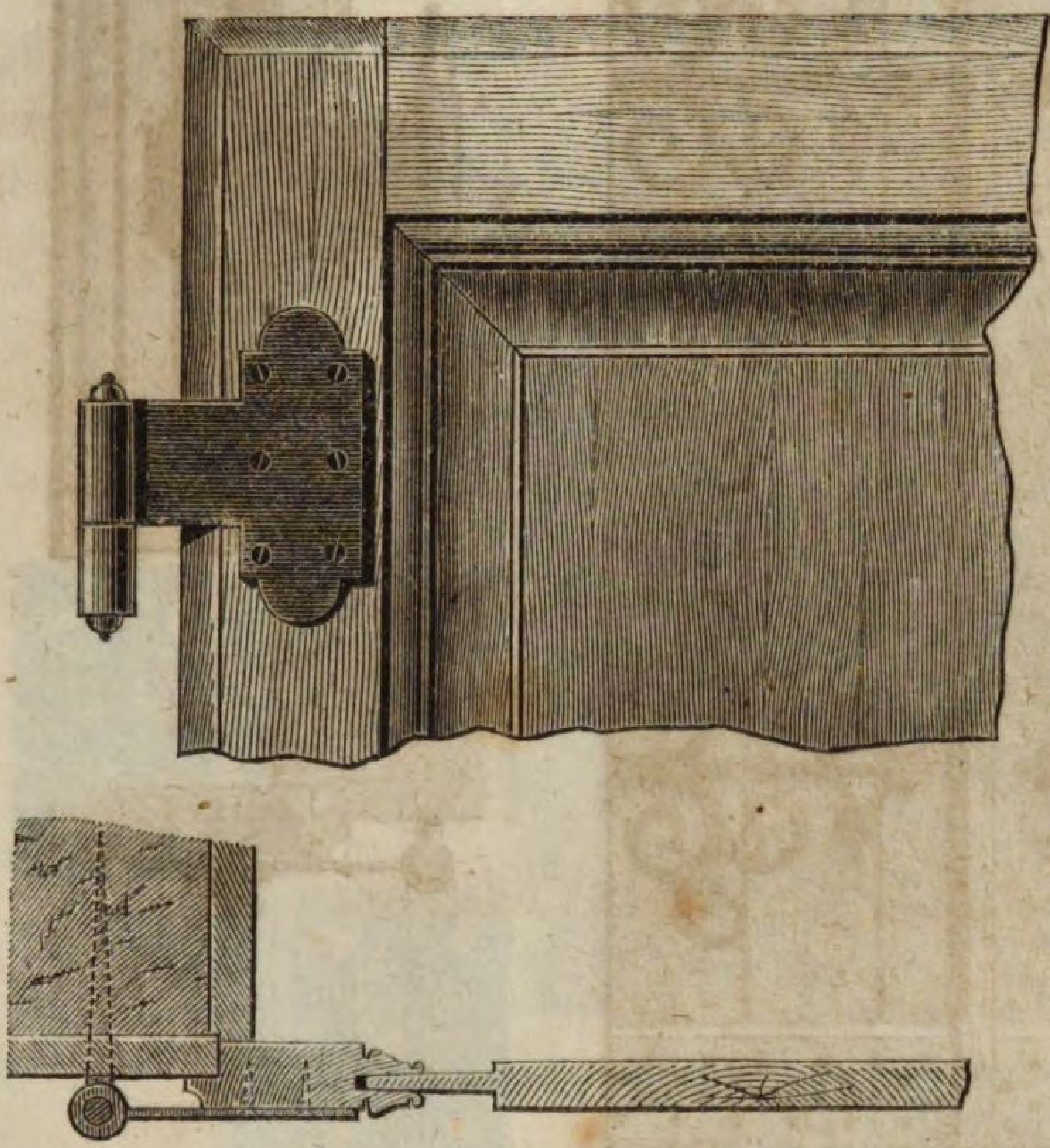


schweren Thoren werden starke Stützhaken, welche wohl auch mit der Mauer verankert sind, als Auflager nothwendig (Fig. 652).

Die einfachen Bänder sehen ziemlich schlicht aus, deshalb pflegt man bei besseren und schwereren Thüren sich der Kreuzbänder zu

bedienen (Fig. 653). Dieselben sind im Allgemeinen den einfachen Bändern ähnlich, nur daß einige Kreuzarme das Rahmholz umfassen.

Fig. 653.



Die Kreuzbänder findet man hauptsächlich bei Füllungsthüren angewendet. Der Haken ist ein sogenannter Lappenkolben, auf diesen setzt sich das Kreuzband, welches entweder auf dem Rahmenholze liegt oder in dasselbe eingeschoben werden kann und mit letzterem verschraubt oder verbolzt wird.

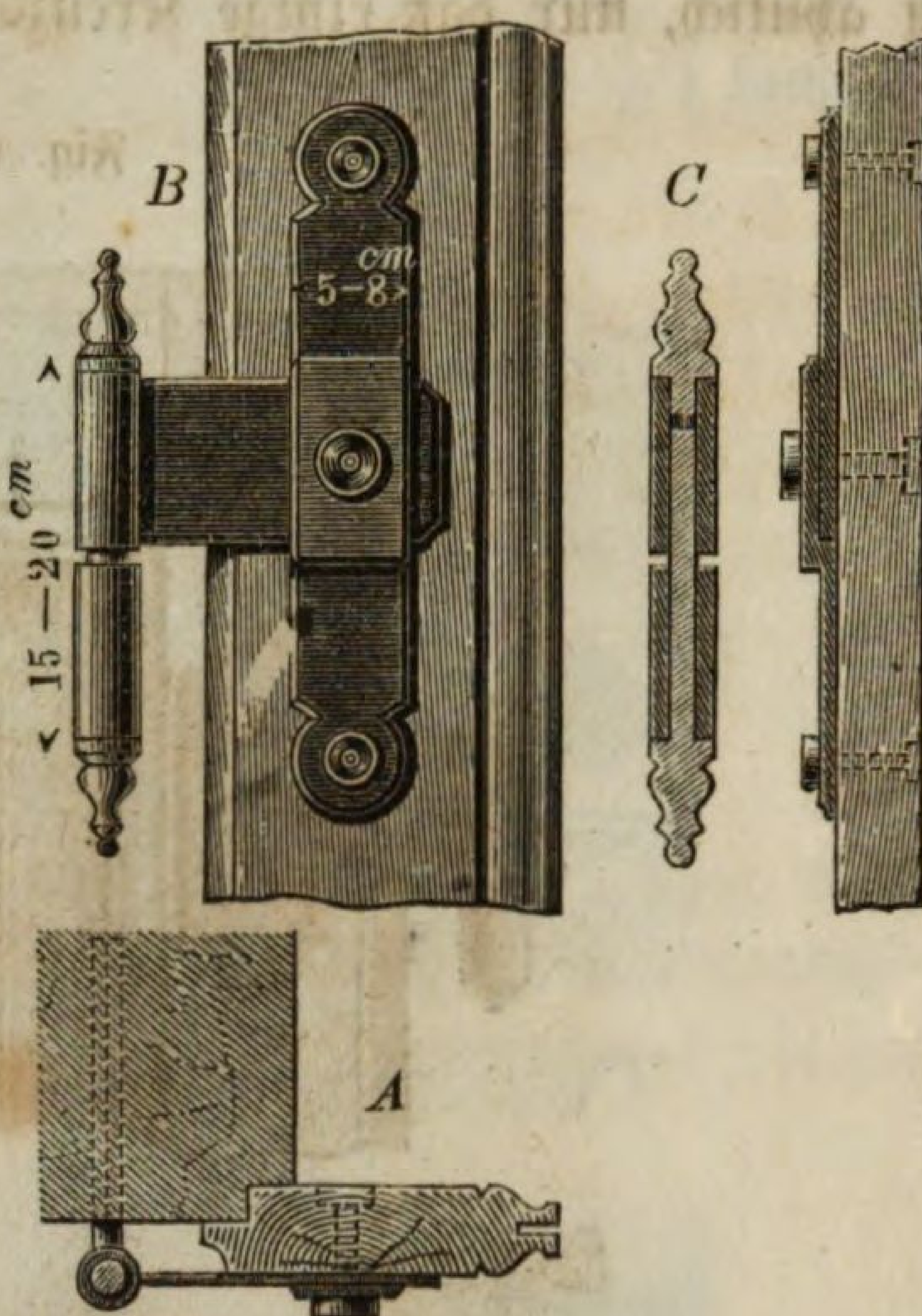
Die Verwendung dieser Mittel- und Eck-Kreuzbänder ist weiter oben in Fig. 622 und 623 genügend erkenntlich.

Eine andere Art Kreuzbänder, welche bei mittelalterlichen Kirchen- und Hausthüren vielfach benutzt wird, ist unter dem Namen „Bockshornband“ bekannt (Fig. 654); dieses überdeckt einen großen Theil des Thürflügels mit ausgebreitetem Rankenwerk, wodurch die Thür nicht allein mit verhältnißmäßig geringen Mitteln ein reiches Ansehen erhält, sondern auch bedeutend an Festigkeit gewinnt. Die Befestigung dieses Bandes geschieht mit einigen Bolzen und breitköpfigen Nägeln, welche auf der anderen Seite umgenietet werden. Ferner giebt es noch Winkelbänder, welche hauptsächlich bei großen schweren Hausthüren Verwendung finden (Fig. 655 A — D).

Fig. 654.

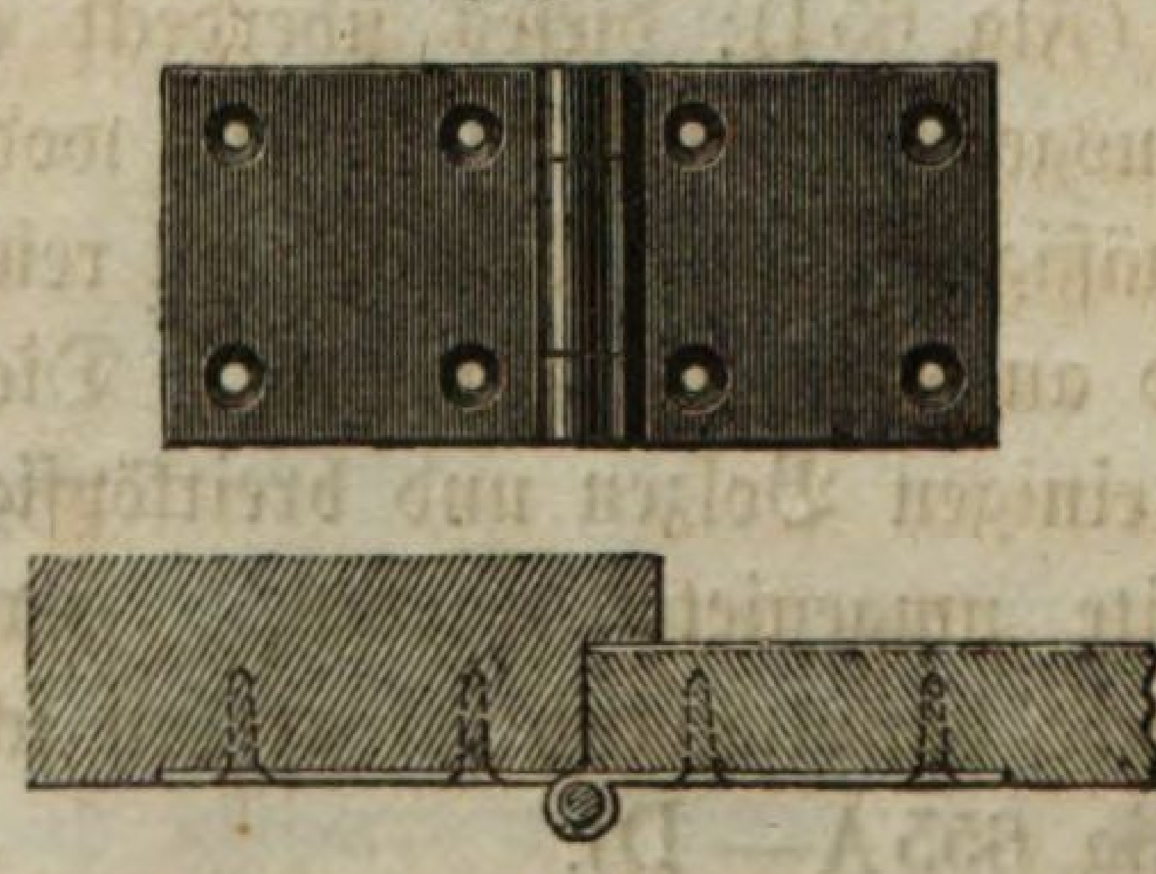


Fig. 655 A — D.



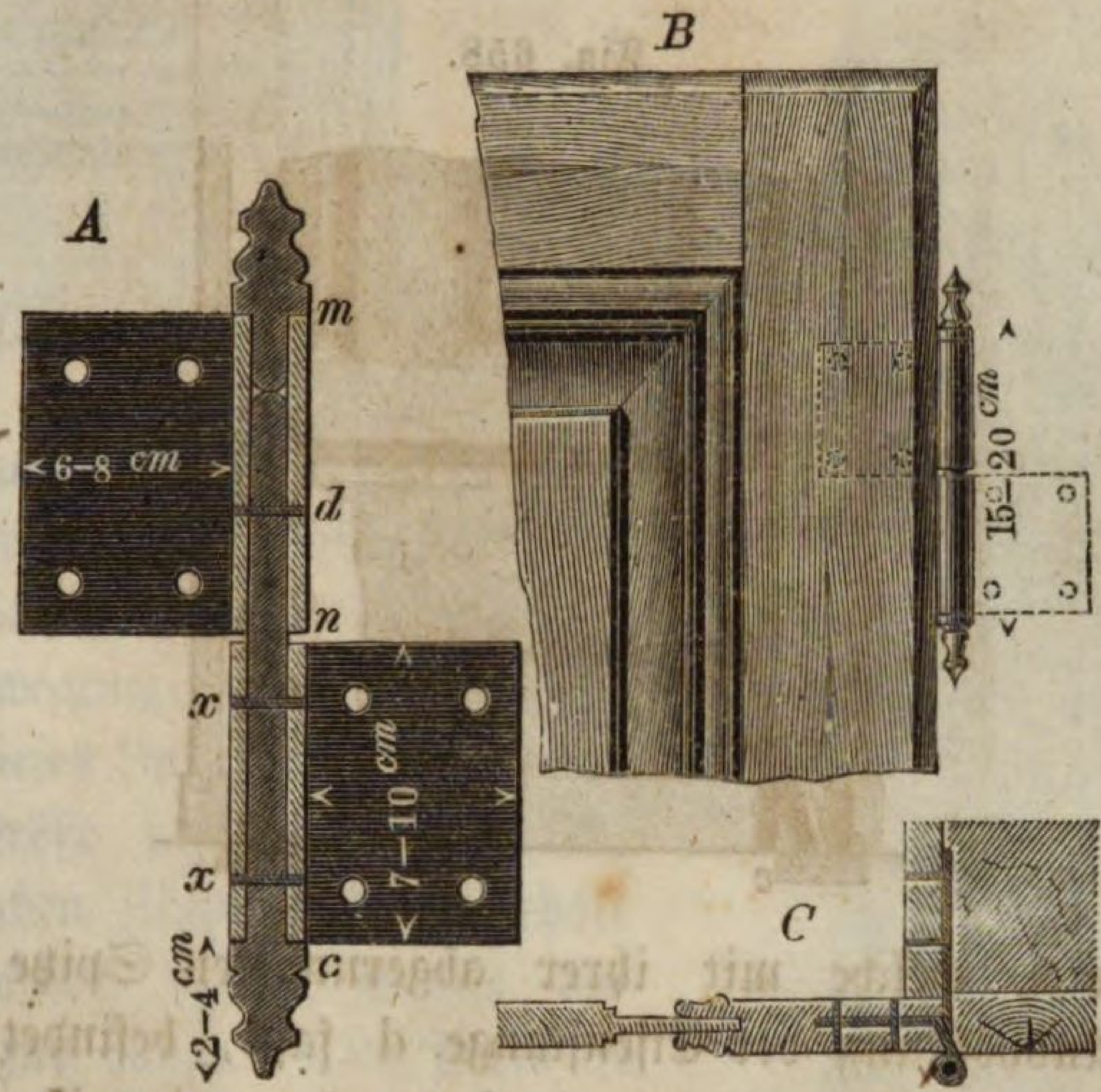
Das Winkelband besteht aus einem breiten Bande, welches auf dem Rahmholz von einem starken und breiten Lappen überdeckt und mit Schraubenbolzen an der Thür befestigt wird; der Haken hat ebenfalls einen in die Wand eingelassenen Lappenkolben, wie die Fig. 655 A—D ohne weitere Erklärung deutlich machen. Die kleinen Thüren, wie z. B. Tapeten-, Schrank- und Kastenthüren, außerdem noch diejenigen kleinen Thüren, bei welchen die Bänder nicht sichtbar bleiben sollen, erhalten *Charnierbänder* (Fig. 656).

Fig. 656.



Bei größeren Haus- oder Zimmerthüren darf dieses schwache Band aber nicht angewendet werden, sondern empfiehlt sich ausschließlich das Fischband (Fig. 657 A und B), welches aus zwei Eisenlappen, die nach mnc von einer Dornhülse zusammen gehalten sind, besteht, wobei der untere Dorn cd mittels Nieten xx in seiner Hülse festgehalten wird.

Fig. 657.



In der oberen Hülse steckt ebenfalls ein Dorn d, welcher auf dem unteren sitzt, so daß die beiden Hülsen einen Spielraum behalten und keine Reibung veranlassen. Oberhalb und unterhalb pflegt man alsdann noch das Band mit Knöpfen in mannichfachster Weise zu verzieren. Die Befestigung des Fischbandes wird derartig bewirkt, daß der untere Eisenlappen in den Falz der Thürzarge eingelassen und mit Holzschrauben gehalten wird, und der obere gegen die schmalen Thürkanten zu liegen kommt.

Jeder Thürflügel erhält mindestens 2 Fischbänder, die größeren Flügel bekommen auch häufig 3 (siehe Blatt 1 u. 2). Die Fischbänder sind in der Regel aus Eisen, zuweilen aber auch aus Messing gefertigt, letzteres wird besonders bei reicherer Ausstattung der Thüren gewählt.

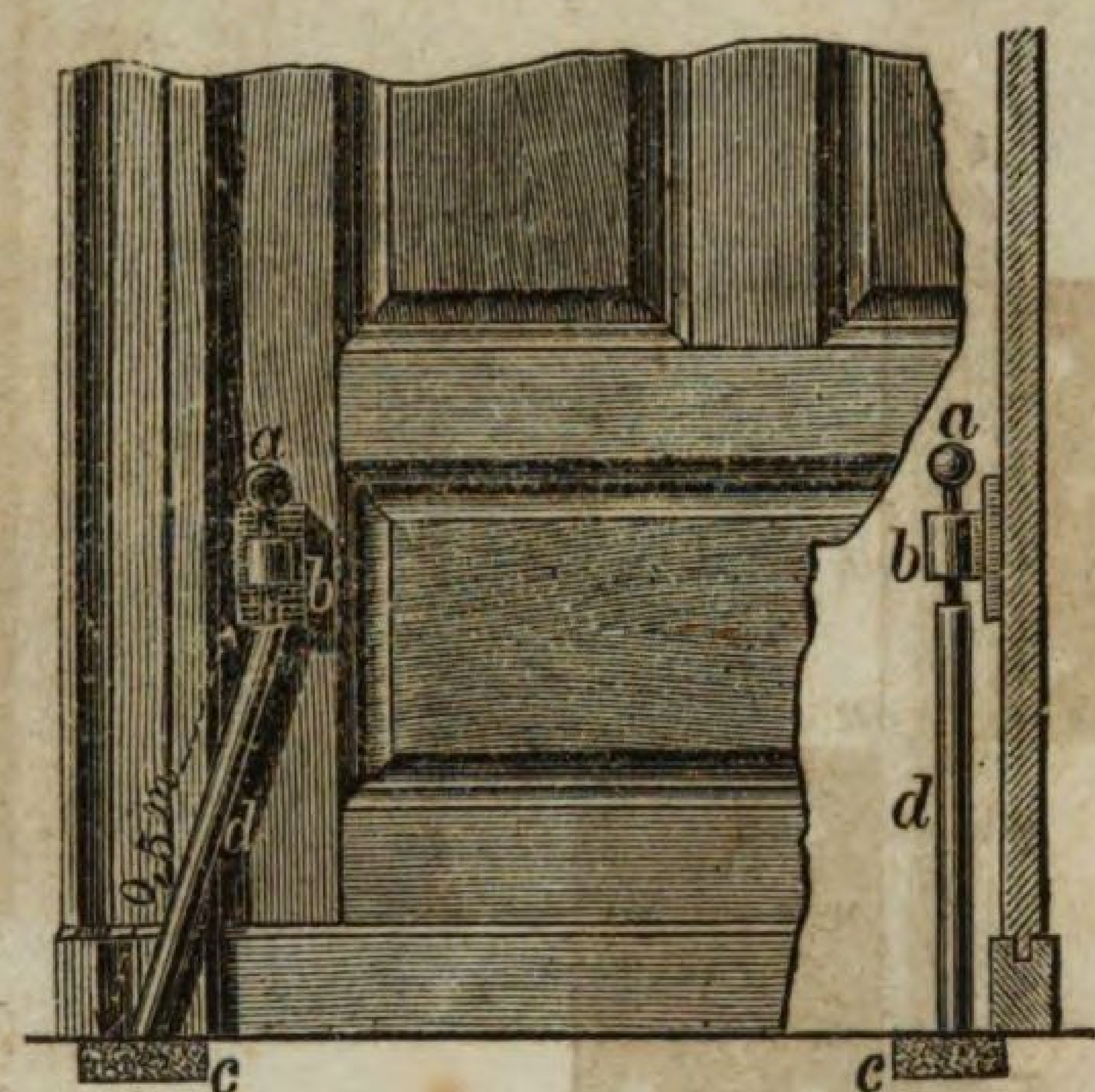
Damit die Thüren nach erfolgtem Oeffnen von selbst in das Schloß zurückfallen, bedient man sich mancherlei Vorrichtungen, unter welchen

die nachfolgenden, ihrer Bequemlichkeit und auch Einfachheit wegen, Erwähnung verdienen.

Bei schweren Thüren, Hausthüren, Thoren ꝛc. hat sich folgende Anordnung vielfach bewährt:

Es wird in einer Entfernung von 0,3—0,5 m (3/4—1 1/2′) vom Boden an der Thür, ca. 7 cm (3″) einwärts von dem Anschlag, ein Kloben b in Fig. 658 befestigt, in dessem hervorstehenden Theil sich eine

Fig. 658.



Stellschraube a, welche mit ihrer abgerundeten Spitze in eine entsprechende Aushöhlung der Eisenstange d faßt, befindet; das andere Ende dieser Eisenstange, welches ebenfalls abgerundet ist, bewegt sich in einer, in den Boden versenkten, eisernen Pfanne c. Beim Oeffnen der Thür wird dieselbe durch die eben beschriebene Vorrichtung etwas in den Angeln gehoben, wodurch, wenn das Festhalten der Thür aufhört, dieselbe vermöge ihres Gewichtes in das Schloß zurückfällt.

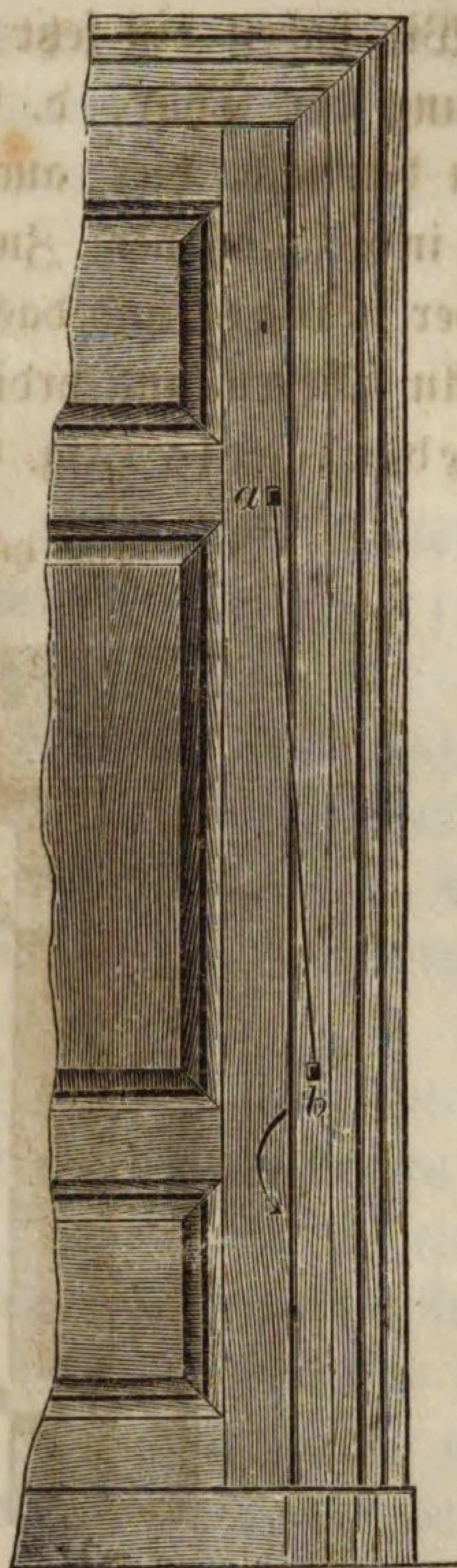
Es ist bei der Anlage dieses Thürschließers zu beachten, daß wenn die weit geöffnete Thür mit der bezüglichen Wandfläche einen rechten Winkel bildet, die Eisenstange d senkrecht stehen muß; durch eine Stellschraube läßt sich die ganze Vorrichtung reguliren. Man kann diesen Apparat auch in der Mitte der Thür anbringen, wobei dann natürlich statt der Pfanne, worin der Stab d sein Fußende stützt, ein entsprechender Kloben angebracht werden muß.

Eine andere, jedoch weniger einfache Art von Thürschließer stellt Fig. 659 dar. Hierbei paßt ein eiserner Stempel genau in eine Messinghülse, in welcher eine starke Spiralfeder steckt; der Stempel ist durch ein offenes Charnier mit einem Lappen verbunden, an welchem außerdem

Fig. 659.



Fig. 660.



noch eine Zunge befestigt ist, die in einen entsprechenden verticalen Ausschnitt des Stempels eingreift und somit die Bewegung des Instruments dirigirt. Dieses Instrument kann von beliebiger Größe angefertigt werden, bei gewöhnlichen Zimmerthüren erhält dasselbe ungefähr $1/_3$ der Breite des Thürflügels zur Länge. Der Preis ist ca. 3 Thlr. für Tührschließer mittlerer Größe.

Eine andere einfachere Art ist folgende: Die ganze Vorrichtung besteht aus einem etwa 1^m (3′) langen starken Eisendraht, welcher an beiden Enden, doch entgegengesetzt, rechtwinklich umgebogen wird und zwar so, daß die kleinen Schenkel etwa $4-5^{cm}$ ($1^1/_2-2''$) Länge haben. Es werden nun der Drahtstärke entsprechend, einige Löcher gebohrt: erstens, unmittelbar unter dem oberen Thürbande (a in Fig. 660) schräg in die Thür (größte Holzstärke) und zweitens, in einer Länge des Drahtstückes in gleicher Entfernung in den Thürpfosten b. Hierauf wird der ein Schenkel in das Loch a fest eingelassen und der andere Schenkel, nachdem man denselben mittelst einer Breitzange in der Richtung des Pfeils herum gedreht hat, in das Loch b der Thürbekleidung eingetrieben. Durch diese Umdrehung erhält der Draht eine solche Federkraft, daß er im Stande ist die geöffnete Thür in das Schloß zurück-

zuwerfen. Der zuletzt geschilderte Thürschließer ist aber nicht so zu empfehlen, als die in Fig. 658 und 659 mitgetheilten.

Wir haben bis jetzt diejenigen Hülfsmitteln besprochen, welche eine Drehung der Thür, d. h. das Oeffnen und Schließen, gestatten, es mögen demnach hier auch noch diejenigen Vorrichtungen, welche eine Thür in geschlossenem Zustande zu halten vermögen, angeführt werden, also der Riegel und das Schloß.

An Thoren und ordinären Thüren bedient man sich meistens des Schieberiegels (Fig. 661)

Fig. 661.



Fig. 662



Derselbe wird am häufigsten bei zwei und mehrflügeligen Thüren in der Weise angewendet, daß der eine Flügel geschlossen bleiben kann und dem andern gleichzeitig als Anschlag dient. Ein solcher Schieber sitzt oberhalb und unterhalb auf der innern Seite des Thorflügels. Bei den besser gearbeiteten Thüren pflegt man den Riegel oben und unten in die Thürkanten einzulassen; deshalb haben solche Schieber auch den Namen „Kantenriegel." (Fig. 662 A B.) Dieser befindet sich in einer aus Eisenblech hergestellten Kapsel und wird mittels einer Eisenfeder i in der gegebenen Stellung gehalten. Der Kantenriegl

muß eine solche Länge erhalten, daß Personen mittlerer Größe ihn bequem handhaben können; ist die Thür z. B. 1,5^{m} (8') hoch und rechnet man eine Person mit ausgestrecktem Arme zu 1,8^{m} (6') Höhe, so muß der Schieber 0,6—0,9^{m} (2—3') lang gemacht werden.

Außer dem Riegelverschluß nannten wir noch das Schloß. Das vollständige Schloß besteht aus 3 Theilen,

1. dem Drücker,
2. dem Schlüsselkasten und
3. dem Nachtriegel.

Man unterscheidet im Allgemeinen zwei Arten von Schlössern, nämlich das aufgelegte oder das Kastenschloß und das eingestemmte Schloß.

Die erstere Art findet man nur bei untergeordneten und einfachen Thüren, weil die geringe Holzstärke derselben das Ausstemmen des Kastenloches nicht zuläßt; hingegen erhalten bessere Thüren, welche mindestens 4^{cm} (1¼") stark im Rahmholze sind, eingestemmte Schlösser.

Mittels des Drückers oder der Klinke bezweckt man nur ein Festhalten der Thür, weshalb dieser Halter für den provisorischen und augenblicklichen Verschluß niemals fehlen darf. Der Drücker ist eigentlich nur ein, mit einer kräftigen Feder in Verbindung stehender Riegel, welcher durch einen kräftigen Handdruck zurück gezogen, hingegen beim Loslassen des Drückers von der Feder wieder vorwärtsgeschoben wird. Bei einfach ausgestatteten Thüren pflegt man sich in der Regel der Eisenguß-, Holz- oder Horndrücker zu bedienen, während die eleganteren und reicheren Drücker aus broncirtem Eisenguß, Messing, Glas, Bronce ꝛc. in den verschiedensten Formen angefertigt werden.*)

Das eigentliche Schloß wird nur mittels eines Schlüssels regiert und je nach der Form des letzteren unterscheidet man:

1, das deutsche Schloß (mit holem Schlüssel) und
2, das französische Schloß**) (mit massivem Schlüssel).

---

*) Schlossermeister Puls in Berlin besitzt eine große Auswahl der schönsten und neuesten Modelle von Fenster- und Thürbeschlags-Garnituren, ausgeführt in Messing, Rothguß, Broncen, Elfenbein, Büffelhorn, Ebenholz, Vernickelung und Vergoldung. Probe-Garnituren stehen stets zur Verfügung.

**) Das französische Schloß wurde zuerst ebenfalls in Deutschland construirt, ist aber erst in Frankreich zu seiner Bedeutung und in den allgemeinen Gebrauch gekommen.

Ersteres ist die ältere, letzteres die neuere Construction, und wird in letzter Zeit fast ausschließlich angewendet.

Die ganze Vorrichtung des Schlosses steckt hierbei in einem eisernen Gehäuse, welches die Schließ- und Riegelzunge verbirgt.

Das ganze Schloß wird an beiden Seiten der Thür mit einem Schilde bedeckt, welcher entweder aus Eisenblech besteht und gänzlich in das Holz eingelassen und mit der Thürfarbe übermalt wird, oder kann auch aus Messing oder Glas gefertigt werden welches auf dem Rahmholz erhaben liegen bleiben kann.

In entgegengesetzter Richtung des Schlosses sitzt in dem Anschlag auf dem Zargenholze das Schließblech, in welches die Zungen des Schlosses und des Drückers eingreifen.*)

Die Construction der Fenster und deren Beschläge.

Von nicht geringer Bedeutung ist in jedem Gebäude, mag dasselbe auch nur einen ganz untergeordneten Zweck haben, die richtige und zweckmäßige Construction der Fenster.

Besonders in nördlichen Gegenden und in kleineren Städten wird täglich bei den Fensteranlagen arg gesündigt, und trotzdem die Bauliteratur in diesem Zweige einige treffliche Werke**) aufzuweisen vermag, findet man dennoch in kleineren Oertern, selbst bei erfahrenen Technikern eine gewisse Ignoranz, welche nur dadurch zu erklären ist, daß die Bauhandwerker in den meisten Fällen dem Tischler nur die „lichten Maße" angeben und sich dann nicht eher um die Fenster bekümmern, bis der Termin zum Anschlagen ꝛc. abläuft. Ob aber dieses Vertrauen gerechtfertigt und die stetige Aussage der Tischler „hier machen wir die Fenster immer so" zu billigen ist, soll in diesem Buche unberührt bleiben, nur fühlen wir uns gedrungen durch Vorführung zweckentsprechender, wirklich erprobter und bewährter Anlagen die jungen Bautechniker indirect auf fehlerhafte Fensterconstructionen aufmerksam zu machen.

Die Fenster haben eine doppelte Function: zunächst sollen sie die in den äußeren Mauern freigelassenen Lichtöffnungen luft- und wasserdicht abschließen und gleichzeitig eine Scheidewand zwischen der

*) Näher hier auf die Construction des Schlosses einzugehen, erlaubt der Platz dieses Buches nicht, zumal die Schlösser fertig im Handel käuflich sind.

**) Schwatlo „der innere Ausbau".

äußeren und inneren Temperatur bilden, alsdann aber die Lüftung und Ventilation des geschlossenen Raumes gestatten.

Daß man sich zur Erfüllung des ersten Zweckes natürlicherweise eines durchsichtigen, klaren und vollständig weißen Materials, des Glases, bedienen muß, ist selbstredend, wir haben deshalb uns hauptsächlich mit der Einfassung und Umrahmung, sowie der zweckmäßigsten Befestigungs- und Bewegungsart der Rahmen zu beschäftigen.

Die Construction des Fensters am Wohnhause richtet sich vorerst nach dem Orte, für welchen dasselbe bestimmt ist, und wir unterscheiden hiernach; Keller-, Etagen-, und Bodenfenster, Fenster nach der Straße oder dem Hofe 2c., alsdann wird die Form der lichten Oeffnung und deren Ueberdeckung zu berücksichtigen sein, als: quadratisch oder recht-eckig gestaltete, oder mit Segmentbögen, gradem Sturze, halbkreis- und spitzbogenförmigen Bögen überdeckte Fenster; ebenfalls können die Oeffnungen einzeln oder gruppirt (gekuppelt) vorkommen, was allerdings auf die Construction von keinem wesentlichen Einfluß ist. Auch sind die Abmessungen der lichten Oeffnung von Wichtigkeit, dieselben Maße liegen in den allermeisten Fällen zu Grunde und hängen von den architektonischen Gesammtverhältnissen der Façade und den einzelnen Etagenhöhen ab; indessen ist wohl anzunehmen, daß in Wohnhäusern einige gebräuchliche Dimensionen, mit geringen Abweichungen, bei gewöhnlichen Anordnungen stets vorkommen.

Die Höhe ergiebt sich meistens aus der Stockwerkshöhe, und zwar in der Art, daß das Fenster nicht nur von dem Fußboden, sondern auch von der Decke in einem bestimmten Maße entfernt bleibt, damit der Fensterbogen noch eine genügende Stärke behalte, um den Druck der darüber liegenden Balkenlage 2c mit Sicherheit aufnehmen zu können.

Je größer alsdann das lichte Höhenmaß ausfällt, desto besser und angenehmer wird das Innere des Raumes erhellt. Die Breite ist zwar von dem Lichtbedürfniß und den Verhältnissen der Façaden-Architectur abhängig, jedoch auch von der praktischen Einrichtung zum Oeffnen und Hinaussehen, denn da alle Hauptmasse des Wohnhauses den menschlichen Maßen und die Zimmereinrichtungen der familiären Lebensweise an-gepaßt sind, so erscheint es auch nicht mehr wie recht und billig, daß auch die Breite der Fenster das gemeinschaftliche Hinausschauen des Mannes und der Frau gestattet. Hiernach stellt sich die schickliche Fensterbreite für Wohnstuben auf mindestens 1ᵐ (3′ 3″) bis 1,3ᵐ

(4′ 3″), und die Höhe auf 2—2,75^{m} (7—9′); die schon erwähnte Fensterbrüstung wird dabei stets 0,7—0,9^{m} (2$^{1}/_{2}$—3′) hoch gerechnet.

Einer der größten Fehler bei Anlagen der Fenster ist, wenn die Fensterrahmen mit der äußeren Mauerfläche bündig liegen; abgesehen davon, daß derartige Façaden nüchtern und, wenn man sich des Ausdrucks bedienen darf, charakterlos aussehen, wird diese Anordnung wohl die Hauptursache sein, daß solche Fenster nur von kurzer Dauer sind, sich fortwährend werfen und undicht bleiben, da sämmtliches an den Mauern herabfließende Wasser jahrein jahraus sie durchnäßt

Aus diesem Grunde wird bei allen Gebäuden stets zu empfehlen sein die Fensterrahmen mindestens $^{1}/_{2}$ Stein, circa 11—15^{cm} resp. 5″ rheinld. zurück springen zu lassen, und außerdem noch einen besonderen Fensteranschlag von $^{1}/_{4}$ Stein circa 6=7^{cm} resp. 2$^{1}/_{2}$″, oder in einigen Fällen (siehe weiter unten) von $^{1}/_{2}$ Stein Breite, anzulegen.

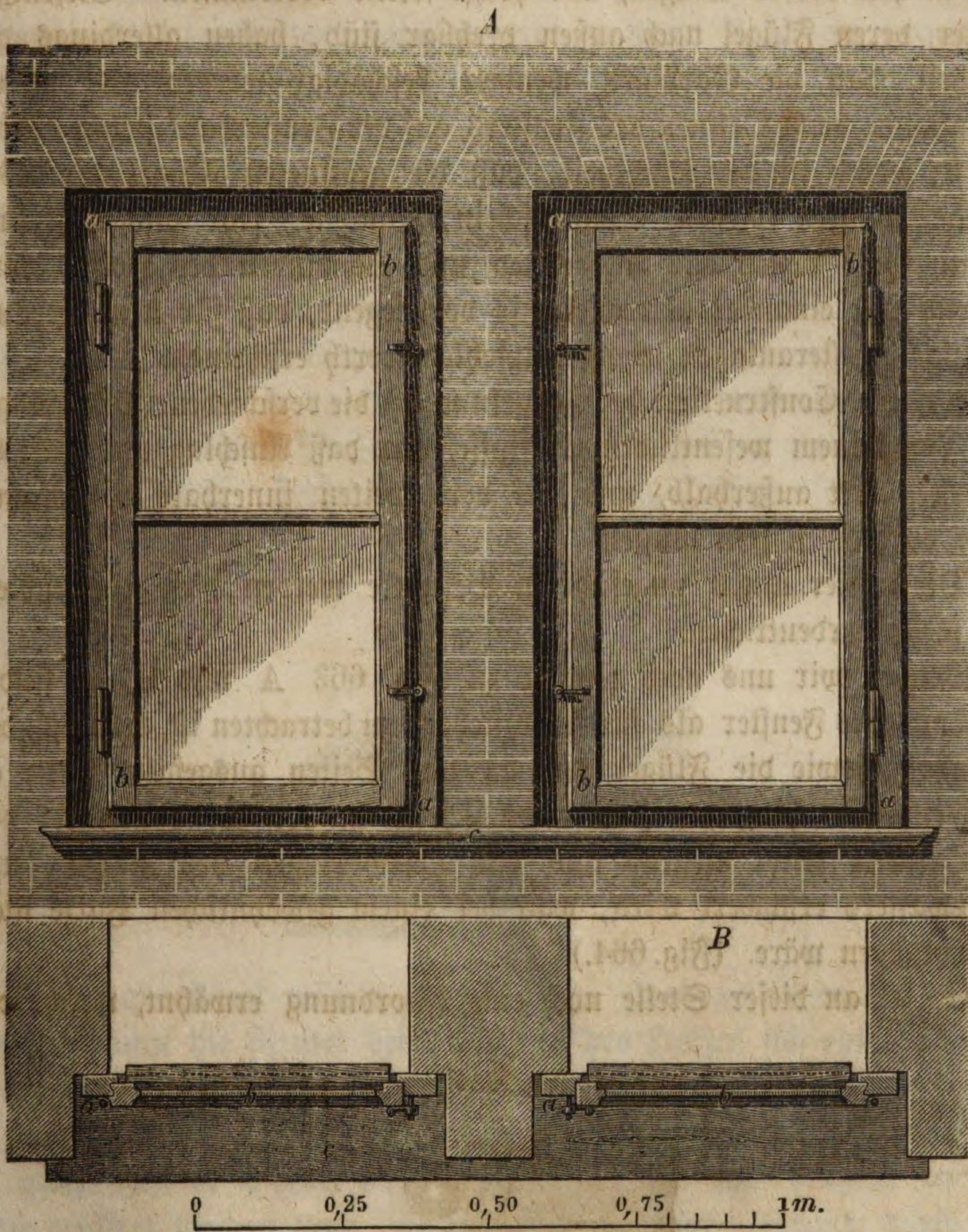
Ganz verwerflich ist die höchst primitive Bauweise, deren sich die Bauleute in kleinen Städten bedienen, die Fenster- und Thürzargen während des Aufmauerns aufzustellen, und alsdann die äußere Mauer ohne jeden Anschlag mit dem Zargenholz bündig aufzuführen; diese Anordnung mag augenblicklich billiger und leichter sein, rächt sich aber sehr bald.

Was das Material betrifft, so pflegt man für die äußeren Fenster hauptsächlich das Eichenholz zu wählen, da dieses gegen Einwirkungen der Temperaturveränderungen und der Nässe besseren Widerstand zu leisten vermag, als das Tannenholz; letzteres findet hingegen bei den inneren Fenstern, der geringen Kosten wegen, vorzugsweise Verwendung.

Bei Fabriken, Ställen 2c. bestehen die Fenster meistens aus Eisen, welches aber, des Rostes und der sehr schmalen Rändern wegen, in bürgerlichen Wohnhäusern nicht zu empfehlen ist. Jedes Fenster besteht mindestens aus 2 Theilen, nämlich: dem Rahmholz und den Flügeln, und je nach der Größe ordnet man ein, zwei und mehr Flügel an. So erhalten z. B. die kleinen schmalen Bodenfenster meistens nur einen einzigen Flügel, während breitere Fensteröffnungen mit zwei oder auch wohl drei Flügeln versehen werden. Sind die Fensteröffnungen ziemlich hoch, so daß die Construction eines hohen Flügels nicht solide bleibt, dann pflegt man auch noch eine horizontale Theilung, wie weiter unten näher mitgetheilt wird, anzubringen.

Um ein Beispiel eines sehr einfachen Fensters zu geben, verweisen wir auf Fig. 663; dieses etwa für einen Bodenraum bestimmte Fenster,

Fig. 663



besteht aus dem Rahmholz (a, a, a, a) und dem Flügel (b, b, b, b(. Der Flügel hat hier eine geringe Höhe, weshalb nur eine einzige Glasscheibe nothwendig erscheint, im anderen Falle theilt man ihn noch durch Sprossen in mehrere Felder; hierbei darf aber kein Feld niedriger ausfallen, wie die lichte Flügelbreite beträgt.

Die Fensterflügel lassen sich nun entweder nach außen oder nach

innen öffnen; die erstere Art findet man besonders in den kleinen Städten, wo hauptsächlich die Hausfrauen dafür agitiren, angeordnet, während in den größeren Städten bei Parterre-Wohnungen derartige Fenster sogar polizeilich verboten sind und in Berlin beispielsweise, selbst in den oberen Etagen, nur höchst selten vorkommen. Diejenigen Fenster, deren Flügel nach außen drehbar sind, haben allerdings den Vortheil, daß die Gardinen weniger beschädigt werden und andere Gegenstände beim Oeffnen des Fensters auf der Fensterbank stehen bleiben können; jedoch ist der Nachtheil, daß die geöffneten Flügel den Witterungseinflüssen (Regen, Sonnenschein, Wind 2c.) sehr ausgesetzt sind, und in Folge dessen das Ausdehnen und Schwinden des Holzes fortwährend mit einander abwechseln, so vorwiegend, daß für neue Gebäude derartige Fensteranlagen wenig empfehlenswerth erscheinen.

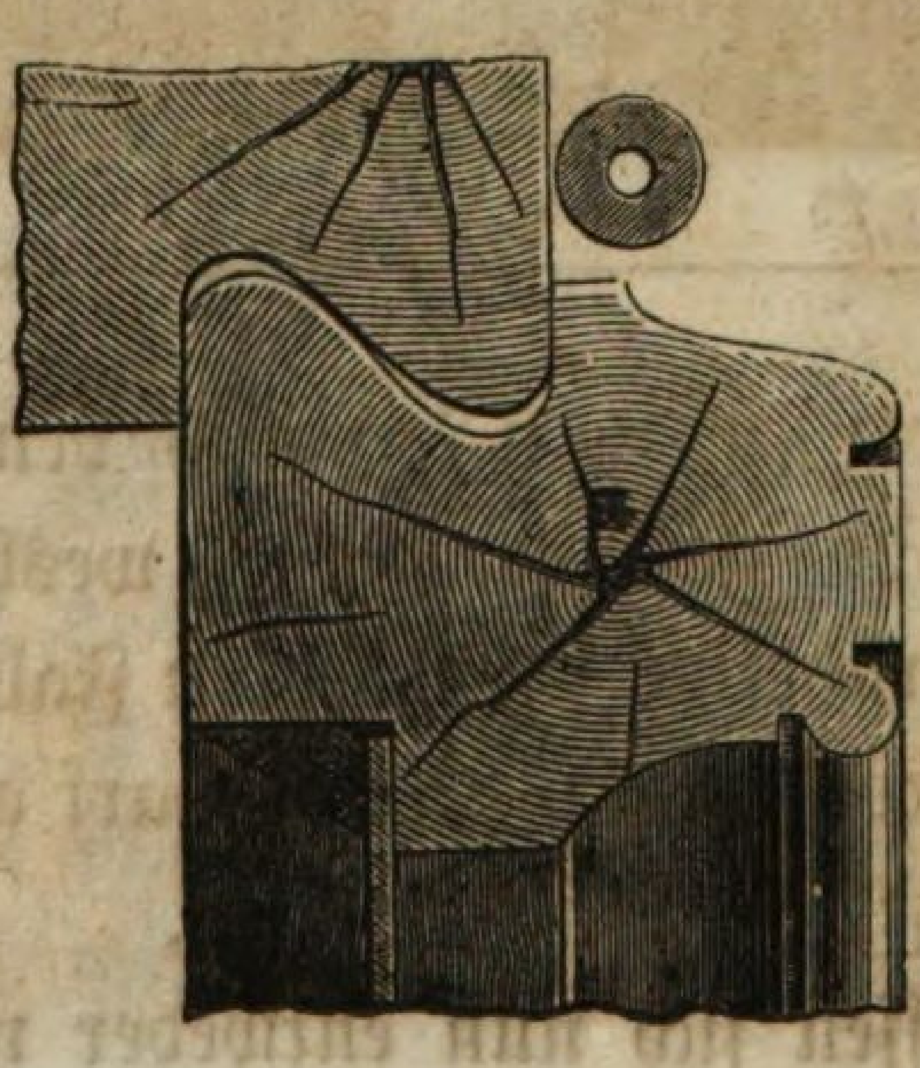
Auf die Construction der Flügeln 2c. ist die verschiedene Bewegungsweise von keinem wesentlichen Einflusse, nur daß Anschlag und Falz bei der ersten Art außerhalb, und bei der zweiten innerhalb des Rahmholzes vorhanden sein müssen.

Die weiter unten angeführten Beispiele werden diese Unterschiede noch mehr verdeutlichen.

Wenden wir uns noch einmal zu Fig. 663 A und B, so finden wir, daß jedes Fenster als für sich bestehend zu betrachten ist, und daß das Rahmholz, sowie die Flügel nur an drei Seiten ausgefalzt sind; an der Wendeseite hingegen sind beide Theile in der Weise gekehlt, daß das Oeffnen leicht möglich und das Durchdringen des Regen- und Spritzwassers erschwert wird, was bei einem gewöhnlichen Falze nicht zu verhindern wäre. (Fig. 664.)

Es sei an dieser Stelle noch eine Anordnung erwähnt, welche der

Fig. 664.



Fabrikant Siering in Berlin schon seit mehreren Jahren mit Vortheil angewendet hat. Derselbe giebt nämlich bei der Falzconstruction der Fenster jeden dichten Schluß an den Seiten der Holzfalze ganz auf, läßt vielmehr hier ringsum soviel Spielraum, daß das Holz sich bis aufs Maximum ausdehnen kann, ohne dadurch ein Verquellen der Fensterflügeln zu gestatten; dagegen wird in jedem Falze ein doppelter Schluß der Fensterkanten durch aufgeschraubte starke Zinkschienen bewirkt, welche beim Schließen der Flügeln fest gegen eingelegte, besonders von dem Erfinder präparirte Filzstreifen gepreßt werden, sodaß dadurch ein luftdichter Verschluß entsteht, welcher dem stärksten Temperatur- und Feuchtigkeitswechsel wirksam wiedersteht. Die Construction dieser Fensterfalze ist in der Romberg'schen Zeitschrift (Jahrgang 1870, Tafel 17) durch Zeichnungen recht klar gemacht.

An dem untern Ende des Fensterflügels sitzt stets ein mit einer Wassernase versehener Wasserschenkel, wodurch das an der Außenseite herabfließende Wasser leicht abzutröpfeln vermag. (Fig. 665).

Fig. 665.

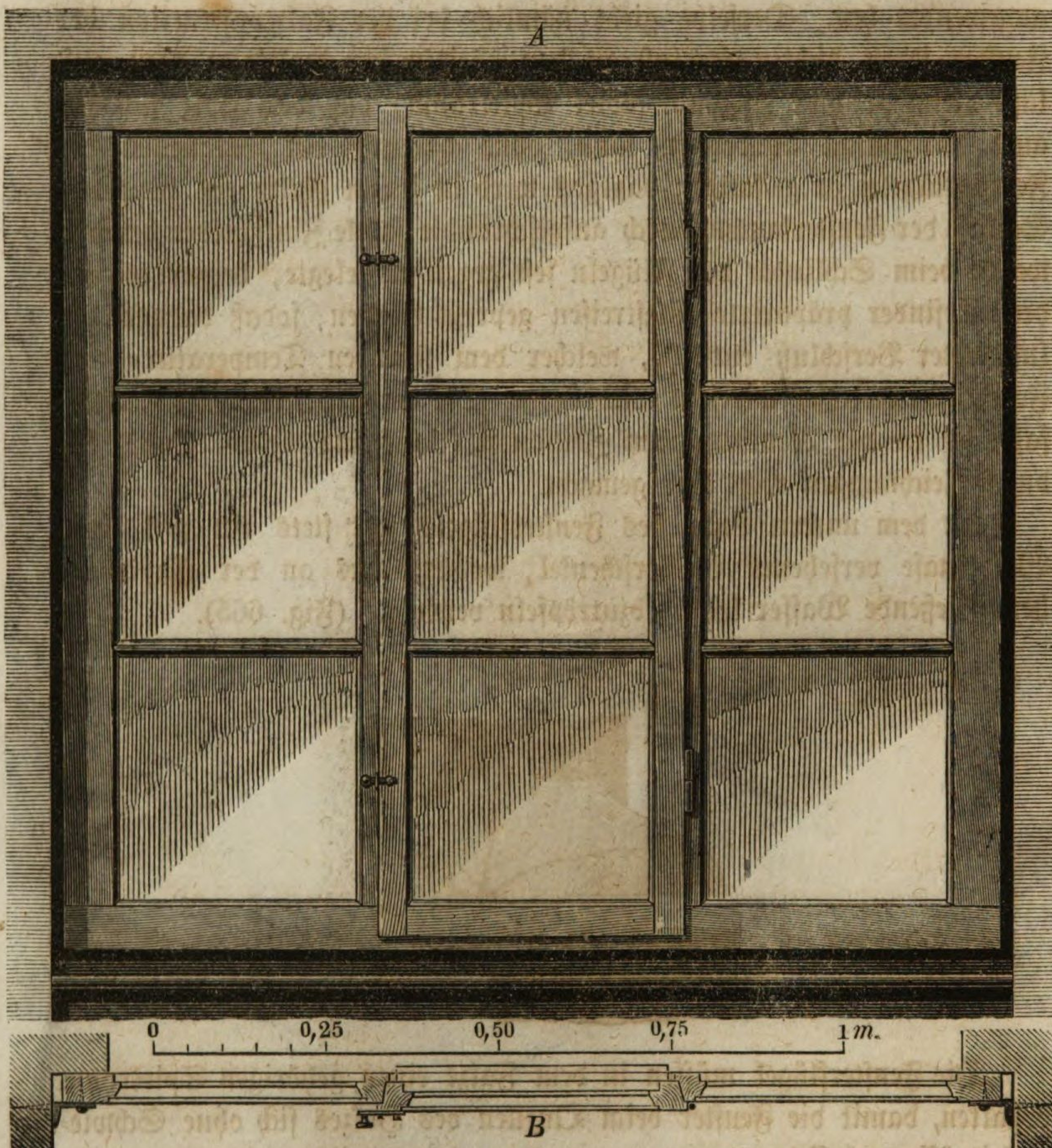


Die Fensterflügel müssen in dem Falze einen gehörigen Spielraum behalten, damit die Fenster beim Quellen des Holzes sich ohne Schwierigkeit öffnen lassen.

Ein ähnliches Beispiel geben wir in Fig. 666 A und B, nur daß das ganze Fenster hierbei dreitheilig ist und ausschließlich in der Mitte geöffnet werden kann. Das Rahmholz wird alsdann durch die feststehenden Fenster, gegen welche der bewegliche Fensterflügel anschlägt, gebildet. Aus dem Grundrisse und der Ansicht kann man im Uebrigen Alles genau erkennen.

Wie oben schon angedeutet wurde, kann die Fensterhöhe durch ein Loosholz horizontal getheilt werden; Fig. 667 giebt dies Verfahren an. Um die Theilung für unsere Beispiele nutzbar zu machen, theilen wir

Fig. 666.



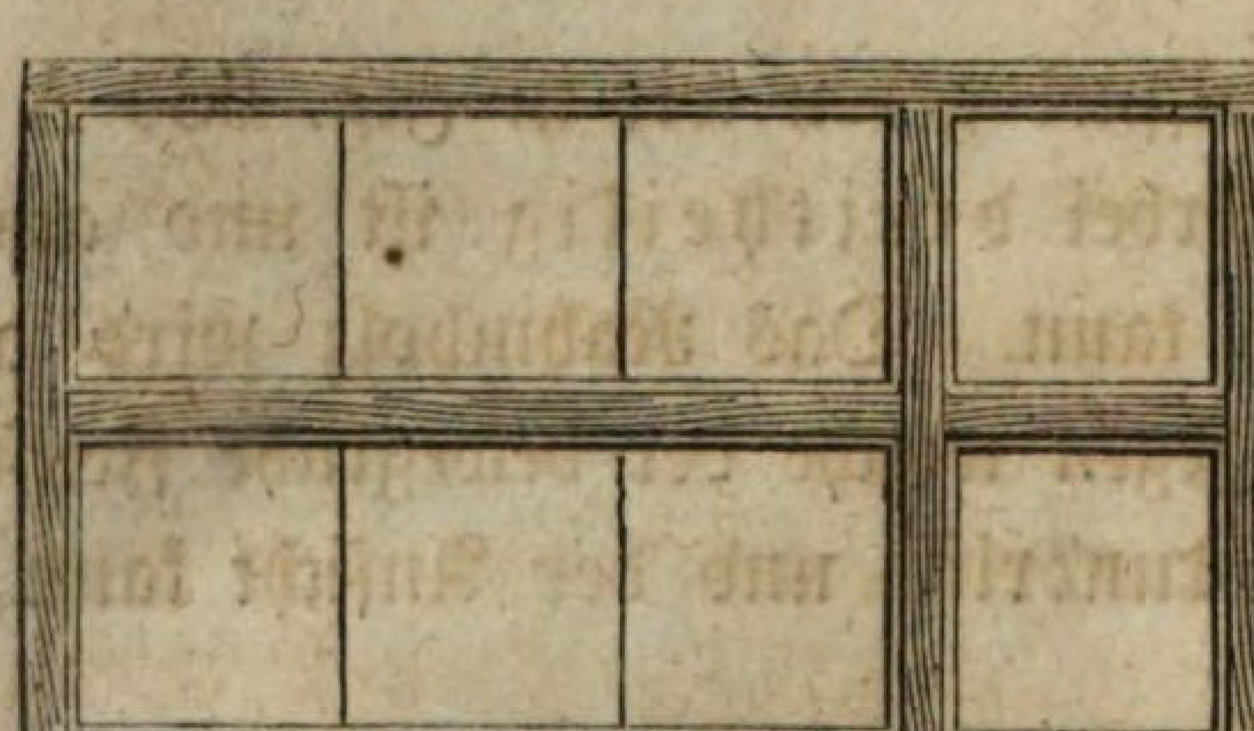
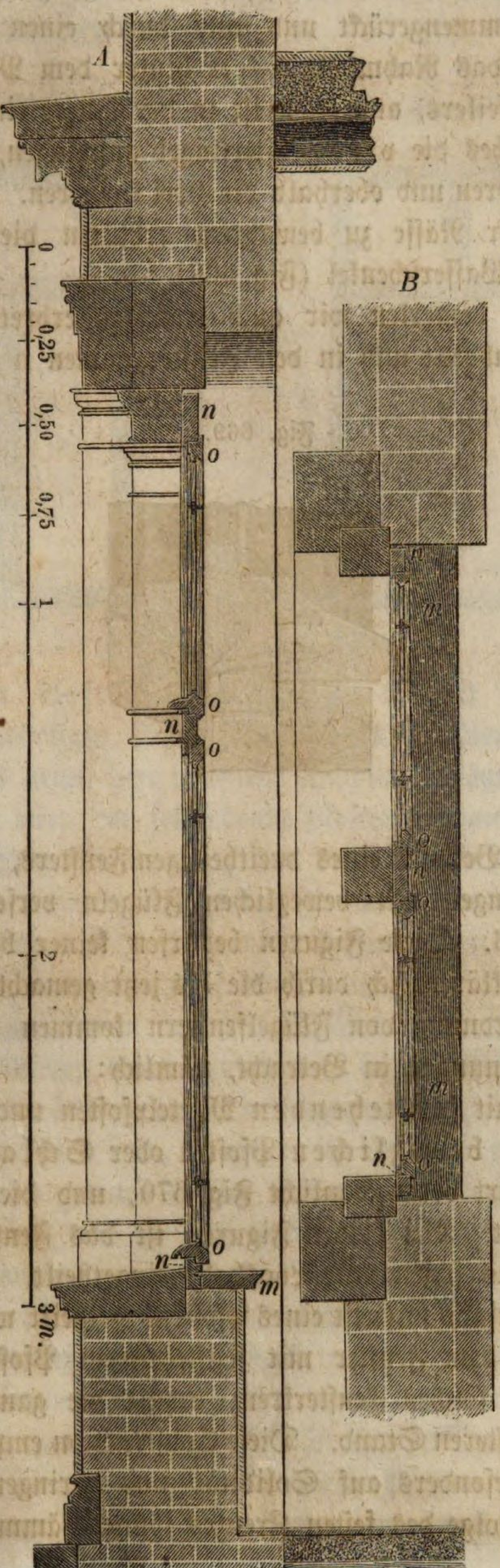


Fig. 667.

in Fig 668 eine Fensteranordnung mit, welche im Wesentlichen sonst der Fig. 663 ähnlich ist.

Fig 668.



In den Fig. 668 A und B erscheinen die Fenster gekuppelt, d. h. sie sind dicht zusammengerückt und nur durch einen Pfeiler getrennt. Es liegt hierbei das Rahmholz n — n hinter dem Maueranschlag der Wand und des Pfeilers, außerdem ist in der Quere ein Loosbrett angebracht, gegen welches die vier Fensterflügel anschlagen, und zwar unterhalb die zwei größeren und oberhalb die zwei kleineren. Um das Loosholz oder Loosbrett vor Nässe zu bewahren, erhalten die oberen Fensterflügel gleichfalls Wasserschenkel (Fig. 669).

Bei Fig. 668 bemerken wir auch das Fensterbrett m, welches die Brüstungsmauer abdeckt und in den Fensterrahmen n eingezapft ist.

Fig. 669.



Ein größeres Beispiel eines dreitheiligen Fensters, wobei die beiden seitlichen Abtheilungen mit beweglichen Flügeln versehen sind, siehe Blatt 4 Fig. 1 — 3. Diese Figuren bedürfen keiner besonderen Erläuterung, sondern erklären sich durch die bis jetzt gemachten Bemerkungen.

Bei der Anordnung von Flügelfenstern kommen ferner noch zwei abweichende Anordnungen in Betracht, nämlich:

1. Fenster mit feststehenden Mittelpfosten und
2. solche mit beweglichen Pfosten oder Schlagleisten.

Die erstere Art veranschaulicht Fig. 670, und die zweite wird in Fig. 671 dargestellt. Bei beiden Figuren ist das Fenster in der Höhe nochmals durch das sogenannte Loosholz eingetheilt. Die obere Abtheilung kann ebenfalls mittelst eines Pfostens getheilt werden, in diesem Falle entsteht bei dem Fenster mit feststehendem Pfosten ein völliges Kreuz; durch ein solches Fensterkreuz erhält die ganze Fensteranlage einen bedeutend festeren Stand. Diese Construction empfiehlt sich hauptsächlich, wo es besonders auf Solidität und geringen Kostenaufwand ankommt, denn zufolge des festen Kreuzes können sämmtliche Holzstärken

schwächer genommen werden; auch läßt sich der Fensterverschluß bedeutend billiger und einfacher herstellen.

Fig. 670.

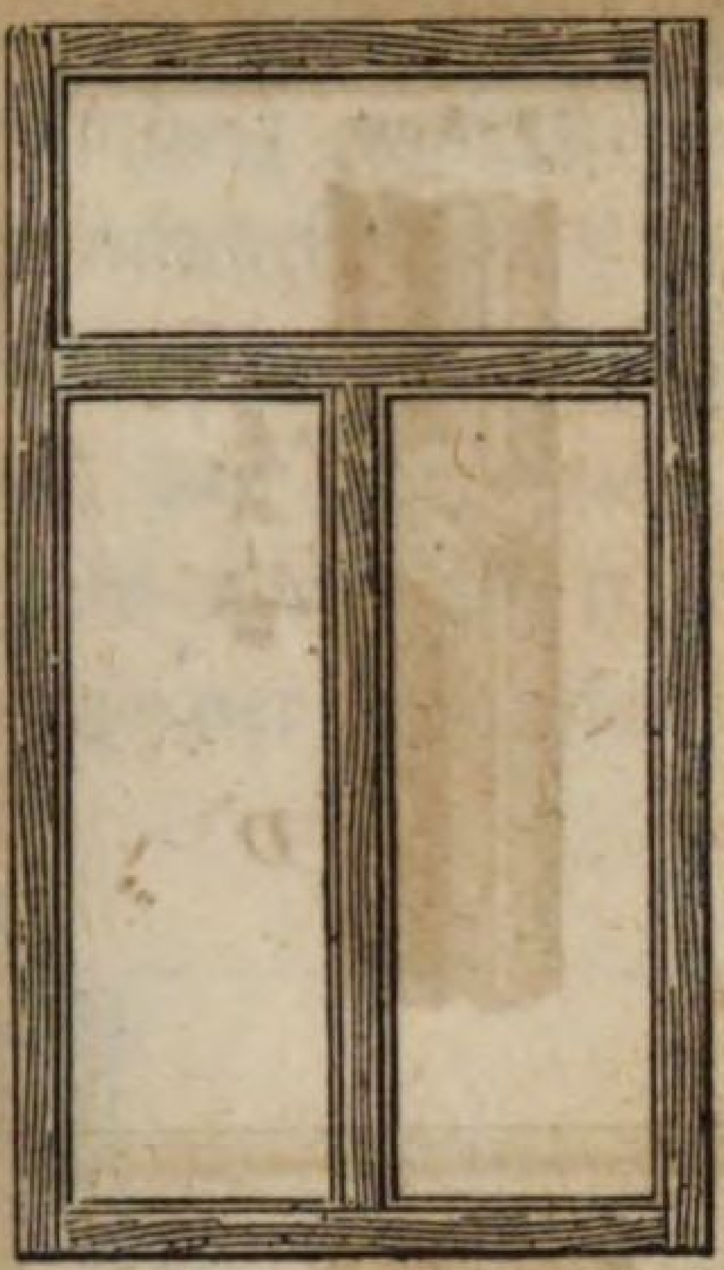
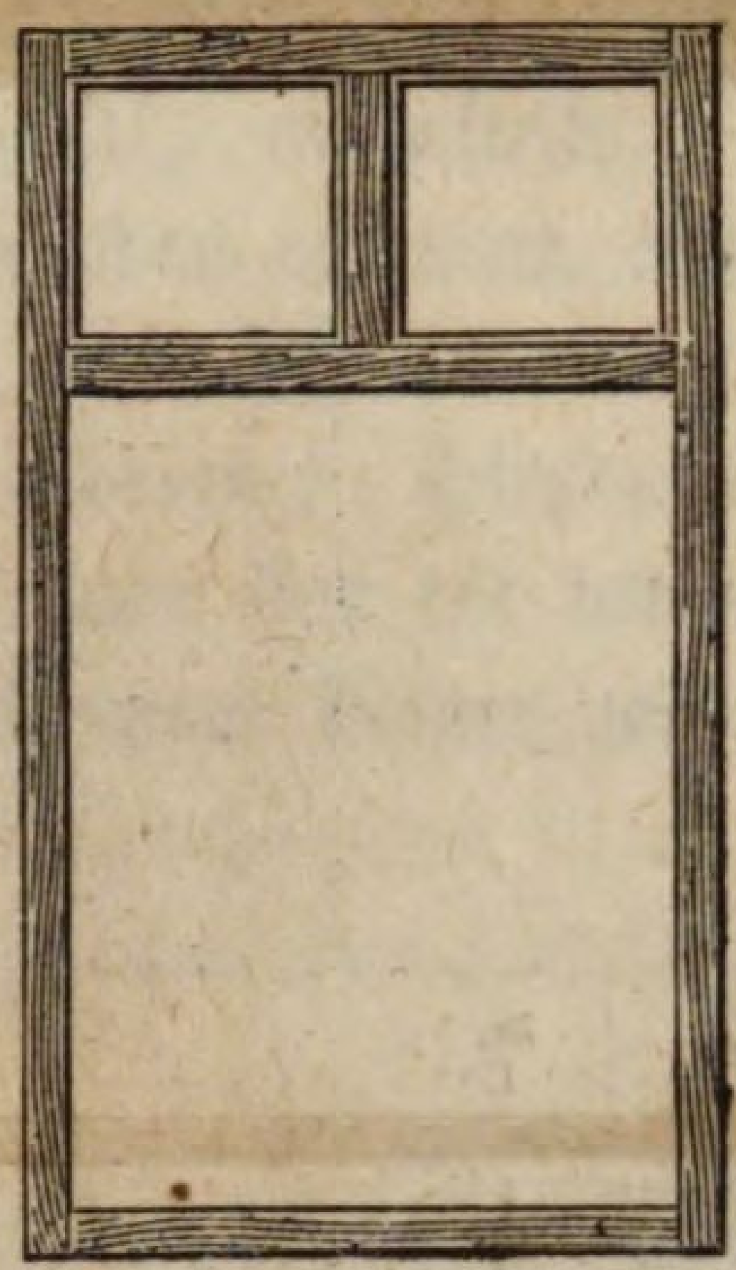


Fig. 671.



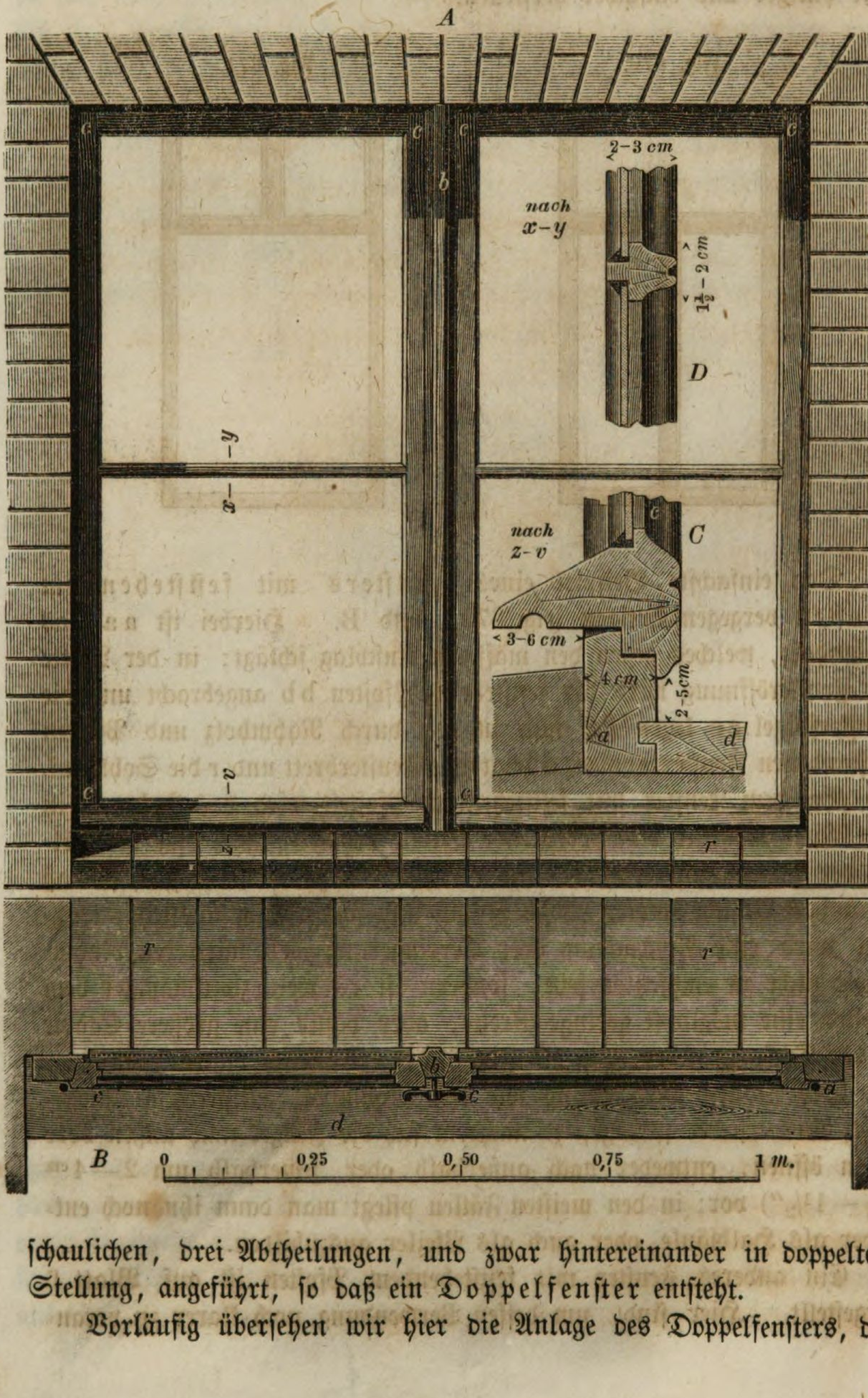
Das einfachste Beispiel eines Fensters mit feststehendem Pfosten vergegenwärtigen Fig. 672 A und B. Hierbei ist a a das Rahmholz, welches gegen den massiven Anschlag schlägt; in der Mitte der Fensteröffnung wird der feststehende Pfosten b b angebracht und die Fensterflügel c c legen sich nun in den durch Rahmholz und Pfosten entstandenen Fensterrahmen, d zeigt das Fensterbrett und r die Sohlbank.

Bei dem Fenster mit feststehendem Pfosten wird das Holzwerk in der Mitte meistens eine bedeutende Breite erhalten, weil hier die Hölzer der beiden Flügelrahmen und des Pfostens zusammentreffen, so daß die äußere Ansicht immer etwas plump und schwerfällig aussieht; trotzdem wird eine Schwächung oder Verringerung der mittleren Rahmhölzer nicht zu empfehlen sein, sondern ist es weit zweckmäßiger dem Pfosten eine möglichst geringe Breite, aber dafür eine größere Stärke in der Dicke zu geben, wie die Fig. 672 B erkenntlich macht.

Der Pfosten wird ebenso wie das Rahmholz entsprechend ausgefalzt, und ersterer springt, je nachdem sich die Flügel nach außen oder innen öffnen, entweder nach außerhalb oder innerhalb um 2—4 cm ($^3/_4$—$1^1/_2$") vor; in den meisten Fällen pflegt man dann ihn noch entweder als Halbsäule, oder auch als Pfeiler auszubilden.

Ein anderes Fenster mit feststehendem Pfosten ist auf Blatt 6 dargestellt. Hier sind, um dessen Verwendung noch klarer zu veran-

Fig. 672.



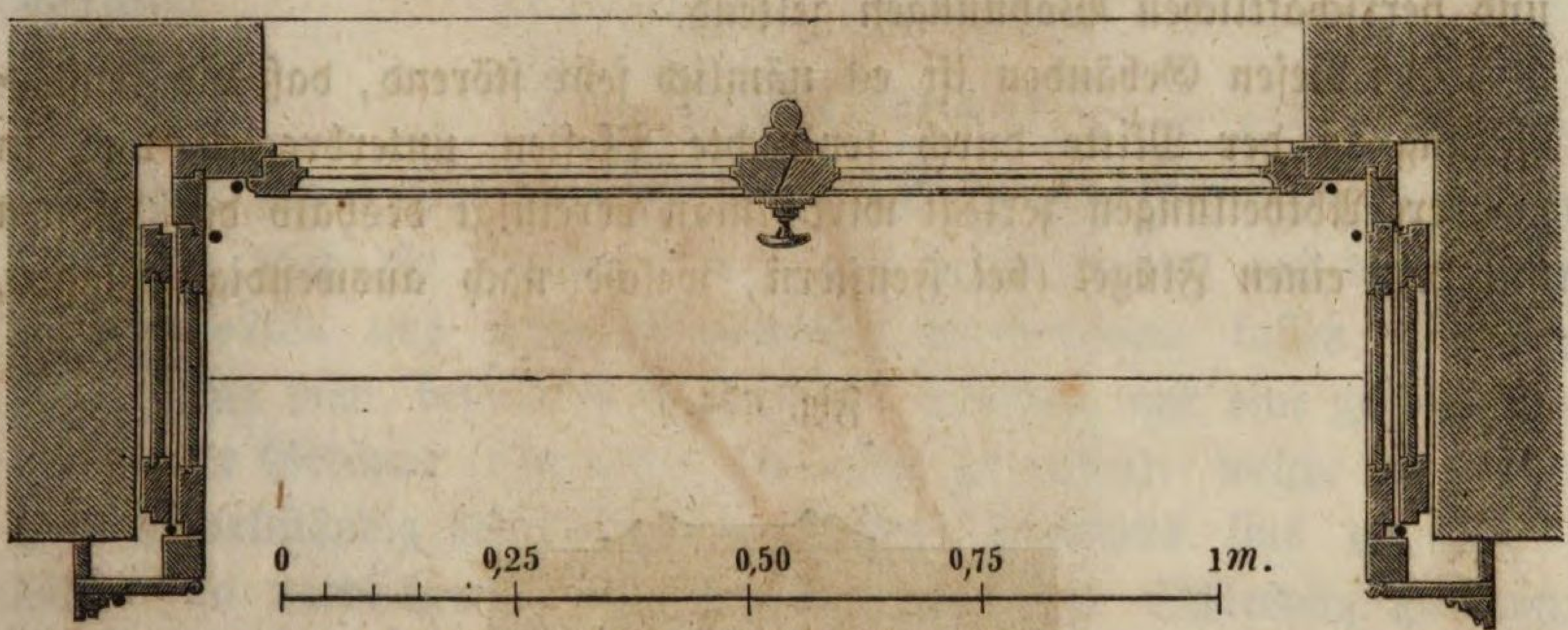
schaulichen, drei Abtheilungen, und zwar hintereinander in doppelter Stellung, angeführt, so daß ein Doppelfenster entsteht.

Vorläufig übersehen wir hier die Anlage des Doppelfensters, da

die Betrachtung desselben weiter unten stattfindet, sondern besprechen nur die Vorderfenster.

Wie der Grundriß Blatt 6 Fig. 1 zeigt, ist aa das Rahmholz, dazwischen werden in gewissen Entfernungen die feststehenden Pfosten bb, welche pfeilerartig in der Höhe des ganzen Fensters durchgehen und das obere Rahmholz unterstützen (siehe Fig. 2), aufgestellt. In einer Höhe, von mindestens 2 m (ca. 7′) vom Fußboden entfernt, also ungefähr in Manneshöhe, wird zwischen Rahmholz und Pfosten ein horizontaler Querriegel, das sogenannte Looshólz, angebracht. Hierdurch entstehen nun oberhalb noch drei kleinere Flügel; ferner sind die unteren Fenster mittelst hölzerner Sprossen in mehrere kleinere Felder zerlegt. Sowohl die oberen, als auch unteren Flügel sind mit Falzen versehen, und schlagen mit denselben gegen die Falze der Rahmhölzer und Pfosten. Das Verhältniß der unteren Flügelhöhe zu derjenigen der oberen, ist sehr entscheidend für die weitere äußere Ausbildung eines geschmackvollen Fensters; früher theilte man das Fenster so ein, daß das Looshólz in der Mitte der Höhe stand, in neuerer Zeit wird dagegen häufig der untere Theil zwei- bis dreimal so hoch, als der obere gemacht, wodurch ein überwiegendes Höhenverhältniß entsteht.

Fig. 673.



Bei der Form der Glasscheiben muß man darauf achten, daß dieselben nicht gedrückt, d. h. breiter wie hoch erscheint; eher ist es gestattet die Glasscheiben um ein Geringes höher, oder das Verhältniß der Breite zur Höhe wie 2 : 3 einzurichten.

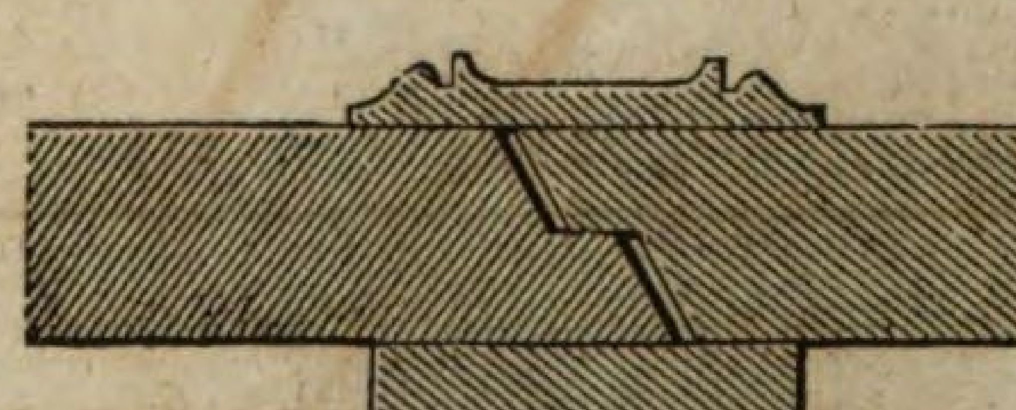
Kommen wir nochmals auf unsere Beispiele (Blatt 6) näher zurück, so erblicken wir vor dem vordersten Rahmholz a noch einen ausgefälzten Rahmen h, welcher nicht zum eigentlichen Fenster gehört, son-

dern zur Führung des Rolljalousies (siehe Fig. 2) dient. Wäre diese Führung nicht vorhanden, so könnte das Rahmholz natürlicherweise direct an dem Maueranschlag liegen. Von der Rolljalousie, sowie von dem zweiten inneren Fenster, wird weiter unten die Rede sein; bemerkt soll hier nur noch werden, daß man die innere Fensterlaibung bei einfachen Gebäuden zu putzen und tapezieren, hingegen bei eleganterer Ausstattung der Räume mit einer hölzernen Bekleidung zu versehen pflegt, worüber weiter unten ebenfalls Einiges mitgetheilt wird.

Wenn auch zugegeben werden muß, daß die Fenster mit feststehendem Pfosten sehr solide und verhältnißmäßig wohlfeil herzustellen sind, so kann man doch die Unannehmlichkeiten einer solchen Anordnung nicht verkennen, und besonders machen sich diese Uebelstände in Landhäusern und herrschaftlichen Wohnungen geltend.

Bei diesen Gebäuden ist es nämlich sehr störend, daß die Fensteröffnung in der Mitte durch senkrechte Pfosten unterbrochen und in mehrere Abtheilungen zerlegt wird; man vereinigt deshalb den Pfosten mit dem einen Flügel (bei Fenstern, welche nach auswendig schlagen,

Fig. 674.



mit dem rechten, bei denen, welche nach inwendig aufgehen, mit dem linken Flügel) und benutzt denselben gleichzeitig als Schlag- oder Deckleiste der Mittelfuge. Eine derartige Anordnung veranschaulicht Fig. 673, wir finden hierbei, daß der Pfosten an dem linken Flügel befestigt ist, wodurch also das Oeffnen des rechten Flügels nach inwendig mit der rechten Hand geschehen muß; alsdann legt sich der rechte Flügel gegen den die Schlagleiste des linken an.

Das Rahmholz wird hierbei ganz in derselben Weise bearbeitet, wie bei den früher beschriebenen Fenstern.

Die Schlagleiste läßt sich verschiedenartig, entweder als eine einfache profilierte Leiste oder als Säulchen, welches das Loosholz zu tragen scheint, ausführen. Die oberste Fensterabtheilung erhält ebenfalls einen beweglichen Pfosten, welcher dann ebenso wie der untere

hergestellt wird. Bei dem Fenster mit beweglichem Pfosten versieht man die Flügel, an der Stelle wo die Schlagleisten angebracht sind, mit doppelten schrägen Falzen (Fig. 674); dies ist die zweckmäßigste Anordnung, weil hierdurch ein Flügel stets geschlossen bleiben kann, während bei einem Rundstabe das gleichzeitige Oeffnen der beiden Flügel nothwendig wird.

Ein anderes Beispiel eines Fensters mit beweglichen Pfosten vergegenwärtigen die Figuren auf Blatt 7, und zwar bezieht sich unsere Betrachtung auf das äußere Fenster.

Wir erkennen die mit doppeltem Falze versehenen Flügel o; die Schlagleiste b ist wie eine dreiviertel Säule gestaltet. In den beiden Schnitten machen sich auch die Wasserschenkel c an den Flügeln bemerkbar.

Die Doppelfenster.

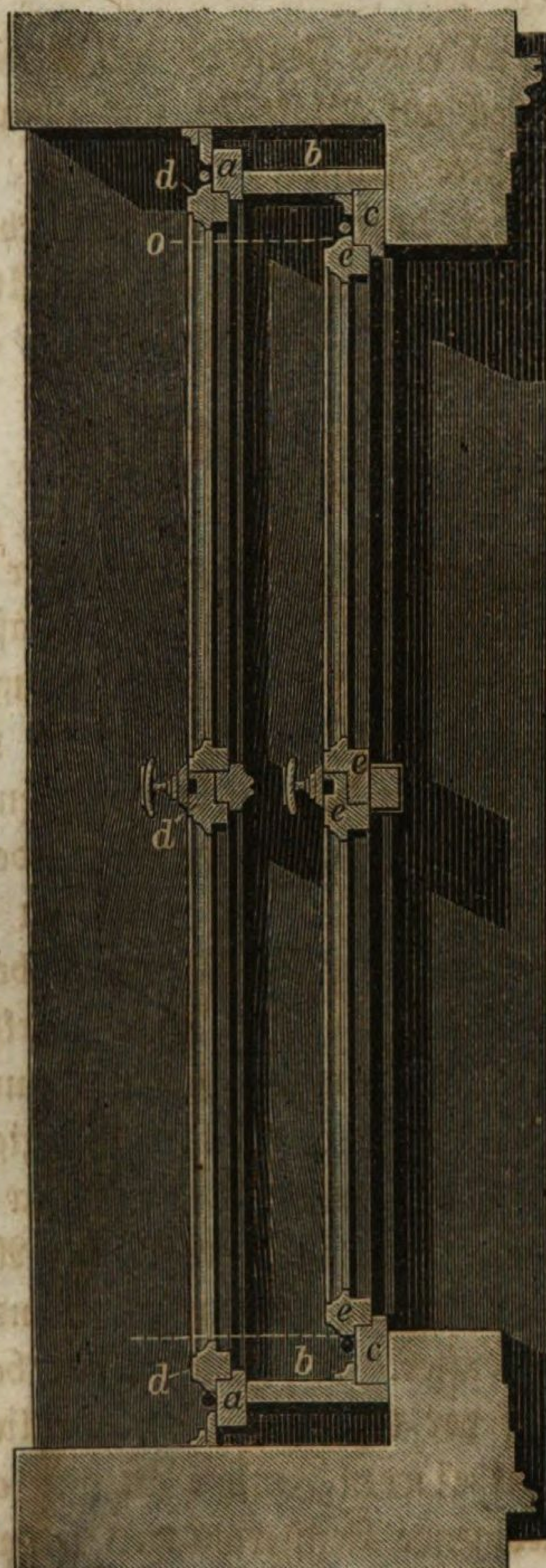
Nicht selten hört man von den Miethern oder Hausbesitzern Klagen ausstoßen, daß die Zimmer sich schlecht heizen lassen, daß die Fenster undicht wären und sogar Regenwasser durchdringen lassen. In der That findet man, besonders in kleineren Städten, nur eine geringe Anzahl neuer Gebäude (von alten gar nicht zu reden), welche in dieser Hinsicht vollständig befriedigend ausfallen; besonders sind die Wohnhäuser im nördlichen Deutschland, wie z. B. in Schleswig-Holstein, Mecklenburg rc. vielfach mit gewissen Mängeln behaftet, welche nicht lediglich vom billigen Bauen, sondern auch wirklich aus Unkenntniß mancher Bautechniker herstammen, und sich nur durch gründliche Reparaturen entfernen lassen. Die feuchten und zugigen Wohnungen entstehen in diesen Gegenden, in welchen das Klima durchschnittlich rauh und die Winde anhaltend sind, theils durch die Anlage schwacher und schlecht (sogar mit hohlen Fugen) gemauerter Wände, theils aber durch falsche Anordnung der Fenster. Aber auch selbst bei sorgfältigster Herstellung und Construction der letzteren ist in nördlichen Theilen Deutschlands kaum möglich, mit einem Fenster an der sogenannten „Wetterseite," vollständig befriedigende Fensteranlagen herzustellen, so daß man sich in diesem Falle, wenn die vorhandenen Geldmittel irgend gestatten, der doppelten Fenster bedienen muß.

Die Doppelfenster haben noch den großen Vortheil, daß sie Kälte, Luftzug, sowie Wärme, Geräusch, Staub rc. fernhalten, denn vermöge der zwischen den beiden Fenstern befindlichen abgeschlossenen Luft

entsteht eine Isolirschicht, welche, gemeinsam mit der doppelten Glasfläche, die Luft, Gase und den Schall schlecht leitet.

Diese Eigenschaften wurden schon auch früher gewürdigt und gaben Veranlassung zur Einrichtung der **Winterfenster**, welche noch jetzt,

Fig. 676.



sowohl in Nord- als Süd-Deutschland, entweder innerhalb oder außerhalb der Räume vorgesetzt werden. Jedoch diese Vorsetzfenster bleiben doch stets nur ein Nothbehelf, sie sind unbequem, erfüllen außerdem ihren Zweck nur mangelhaft und kommen deshalb auch immer mehr ab.

Die zweckmäßigsten Constructionen der Doppelfenster wurden zuerst in Berlin gemacht und allgemein angewendet; wir verdanken wir die Kenntniß der dort bewährt und praktisch befundenen Einrichtungen hauptsächlich den Publikationen von Schwatlo, Hitzig und Strack.

Gehen wir nun zur Betrachtung des Grundrisses eines Doppelfensters (Fg. 676) über, so unterscheiden wir zunächst das äußere Fenster von dem innern. Man sieht sogleich, daß das Oeffnen des äußern Fensters nach inwendig schwierig ist, wonach also eine abweichende Construction des innern Fensters erforderlich wird. Diese Schwierigkeit kann leicht dadurch überwunden werden, daß das äußere Fenster nach außen aufschlägt, während das innere nach dem Innern des Raumes drehbar ist; dies vereinfacht die ganze Einrichtung, denn es braucht dann nur der äußere Rahmen außerhalb und der äußere Flügel innerhalb gefalzt zu werden. Jedoch hat diese Bewegungsweise, wie schon oben erwähnt wurde, manche Nachtheile, deshalb nehmen wir an, daß das äußere Fenster nach inwendig aufgehe und die oben empfohlene Construction erhalte. Es bleibt alsdann kein anderes Mittel übrig, als das innere Fenster so groß anzufertigen, daß das äußere bequem durch dasselbe geöffnet werden kann, wie die punktirten Linien in Fig. 676 andeuten. (Siehe auch Fig. 677.)

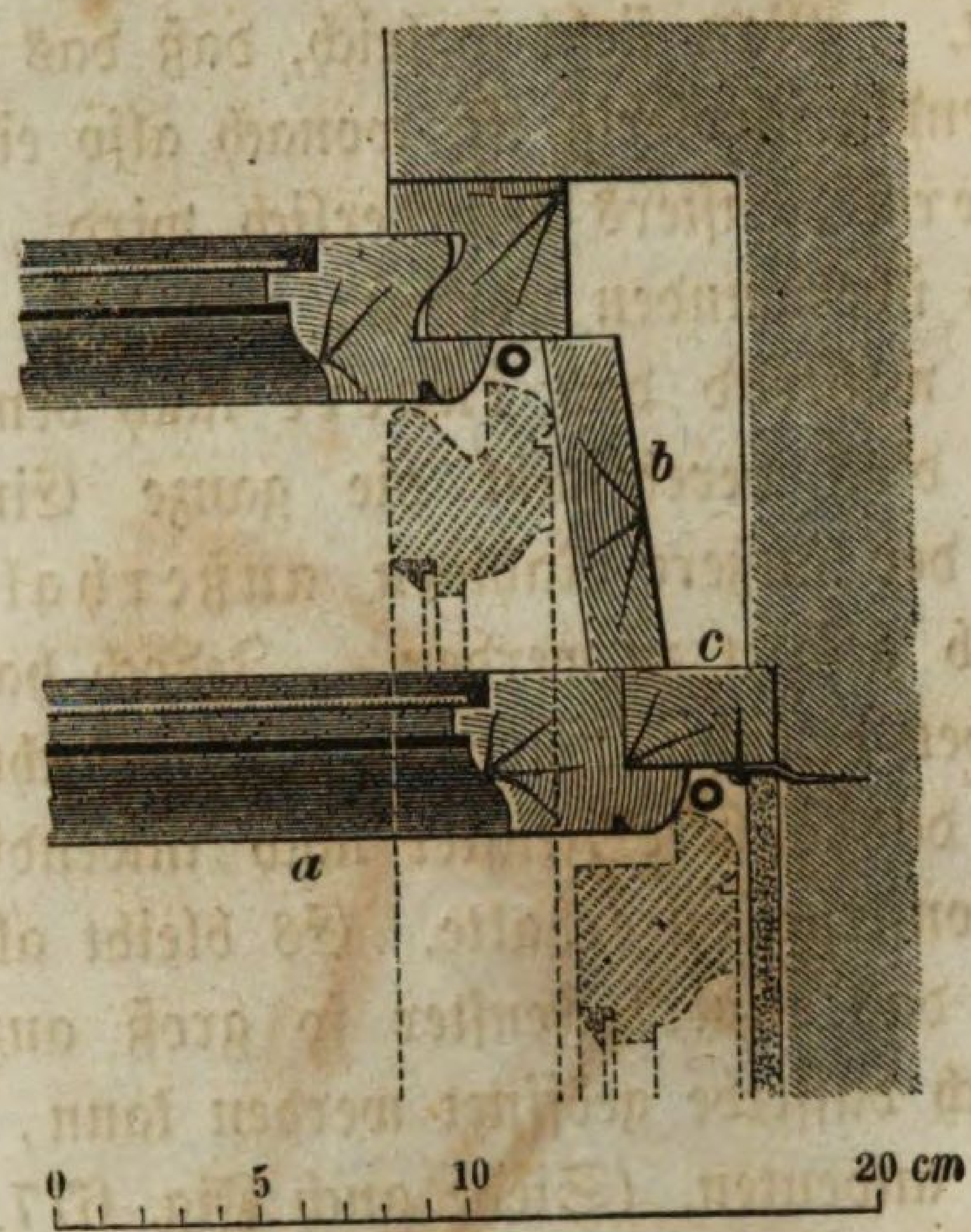
Bei den einfachen Fenstern genügte, wie bereits erwähnt, ein $1/4$ Stein breiter Anschlag, bei Doppelfenstern wird aber der massive Anschlag in der Regel $1/2$ Stein breit, wegen des Zurücktretens des innern Fensters, gemacht werden müssen.

Die Construction des äußern Fensters bleibt, trotz der doppelten Fensterstellung, dieselbe, wie schon weiter oben beschrieben, auch wird das Rahmholz nur $6-7^1/_2$ cm ($2^1/_2-3$ Zoll) breit gemacht; in Fig. 676 hingegen ist bei dem innern Fenster zu beachten, daß das Rahmholz das Durchschlagen des äußern Fensters gestatte; dies erreicht man durch das Zurückspringen des Rahmholzes (siehe Fig. 677).

Der Zwischenraum zwischen dem äußeren und inneren Rahmholze beträgt im Lichten $7-10$ cm ($3-4''$). Die Laibung zwischen den beiden Rahmhölzern wird aus gehobelten Brettern gebildet, und zwar in der Art, daß hinter denselben ein hohler Raum entsteht. Dieses Laibungsbrett b steht entweder rechtwinklich oder geneigt zum äußern Fenster, wonach man zwei verschiedene Befestigungsarten erhält, nämlich entweder legt sich das äußere Rahmholz an das Laibungsbrett b, welches an der Hinterseite, gegen Ausweichen durch Holzklötzchen gesichert ist

(siehe Fig. 676), oder das innere Rahmholz c bekommt an dem Laibungsbrett b einen Anschlag, sodaß beide gemeinschaftlich einen Falz bilden (siehe Fig. 677). Die letzte Anordnung wird die billigste sein und kommt besonders dort am meisten vor, wo im Sommer die innern Flügel ausgehängt werden sollen.

Fig. 677.



Bei dem Beispiel (Fig. 676) ist noch zu erwähnen, daß man das innere Rahmholz an der Wand mit einer profilierten Deckleiste überdeckt, damit die dort entstandene Fuge dicht und das Rahmholz nicht überflüssig breit gemacht werde.

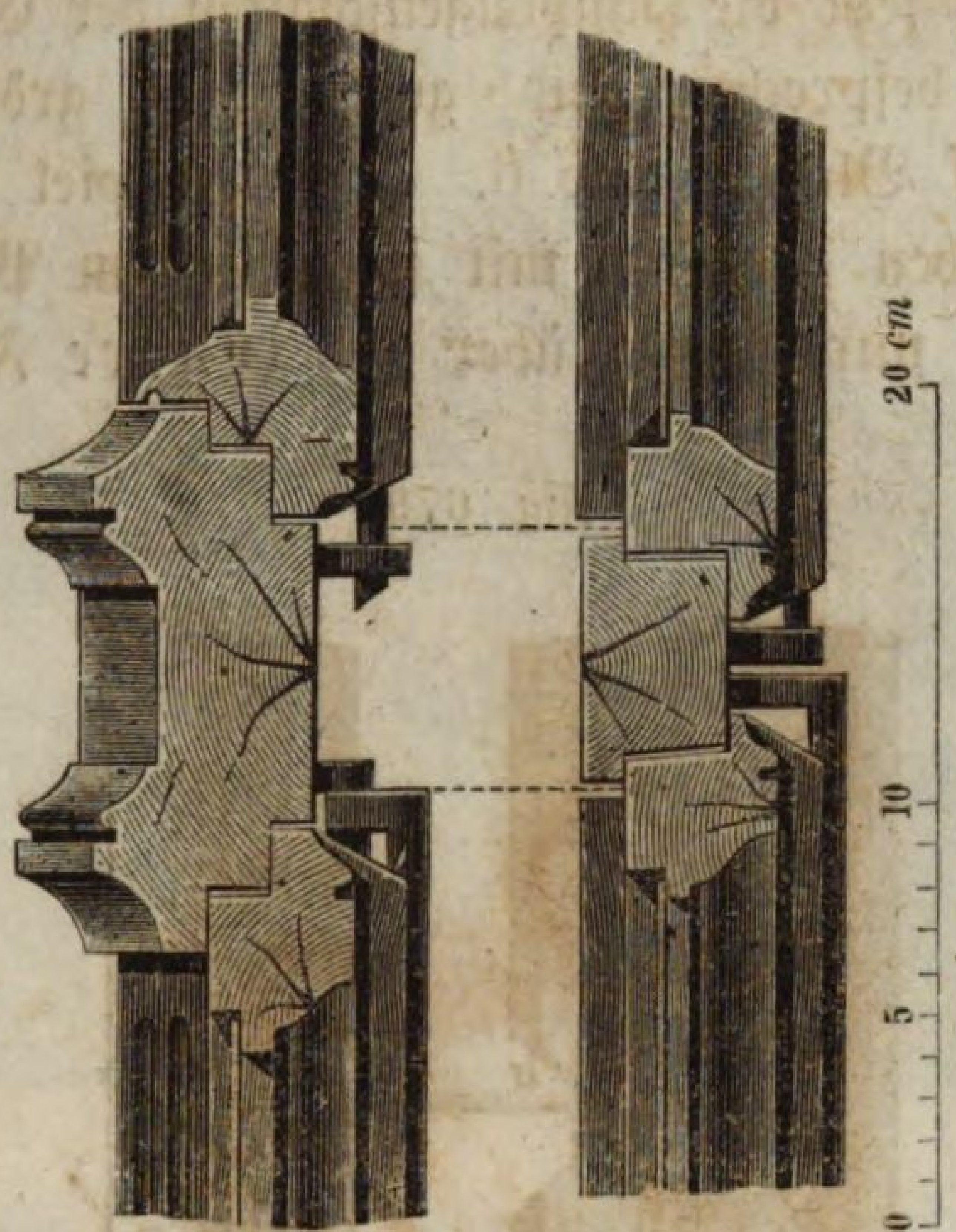
Ebenso wie die Verbreitung der lichten Breite der innern Fensteröffnung nothwendig erscheint, muß auch die lichte Höhe vergrößert werden, und zwar geschieht dies bei den untern Fenstern am Loosholze, sowie an der Sohlbank, und bei den obern Fenstern ebenfalls am Loosholze und am Rahmholze.

Die Erweiterung der lichten Höhe am Loosholze verursacht, wenn das äußere Loosholz ziemlich breit ist, keine besondere Schwierigkeit; es ist dann nur zu beachten, daß das innere Loosholz um so viel schmäler gemacht werde, damit zum Oeffnen der oberen und unteren äußern Flügel erforderlich sein wird (Fig. 678).

Wie diese Figur zu erkennen giebt, lassen sich die äußern Flügel in der Richtung der punktirten Linie sehr gut öffnen; das äußere Loosholz erhält dann einen einfachen Falz, gegen welchen die innern Flügel

anschlagen. Anders verhält es sich, wenn das äußere Loosholz nur eine geringe Höhe besitzt, wodurch das innere Loosholz in der eben beschrie-

Fig. 678.



benen Weise zu schmal ausfallen und keinen Anschlag gewähren würde; alsdann muß die in Fig. 679 dargestellte Construction Anwendung finden. Es sind nämlich in das äußere Loosholz mehrere kräftige Stifte a geschlagen, und an der Unterkante der oberen innern Flügel befinden sich zwei kräftige Schlagleisten c, welche beim Oeffnen dieser Flügel mitgenommen werden, beim Schließen aber gegen die Stifte stoßen, so daß das Durchbiegen der betreffenden Flügel nach außen hin verhindert wird. Die Stifte a sind manchmal auch hakenförmig gebogen und greifen in Oesen, welche an der Schlagleiste c befestigt sind, wonach also die innern Fenster noch einen bessern Halt bekommen.

Die in Fig. 679 angegebene Construction findet man in Berlin sehr vielfach ausgeführt; sie ist die billigste, und besonders dann zweckmäßig, wenn im Sommer das innere Fenster entfernt werden und das Rahmholz stehen bleiben soll.

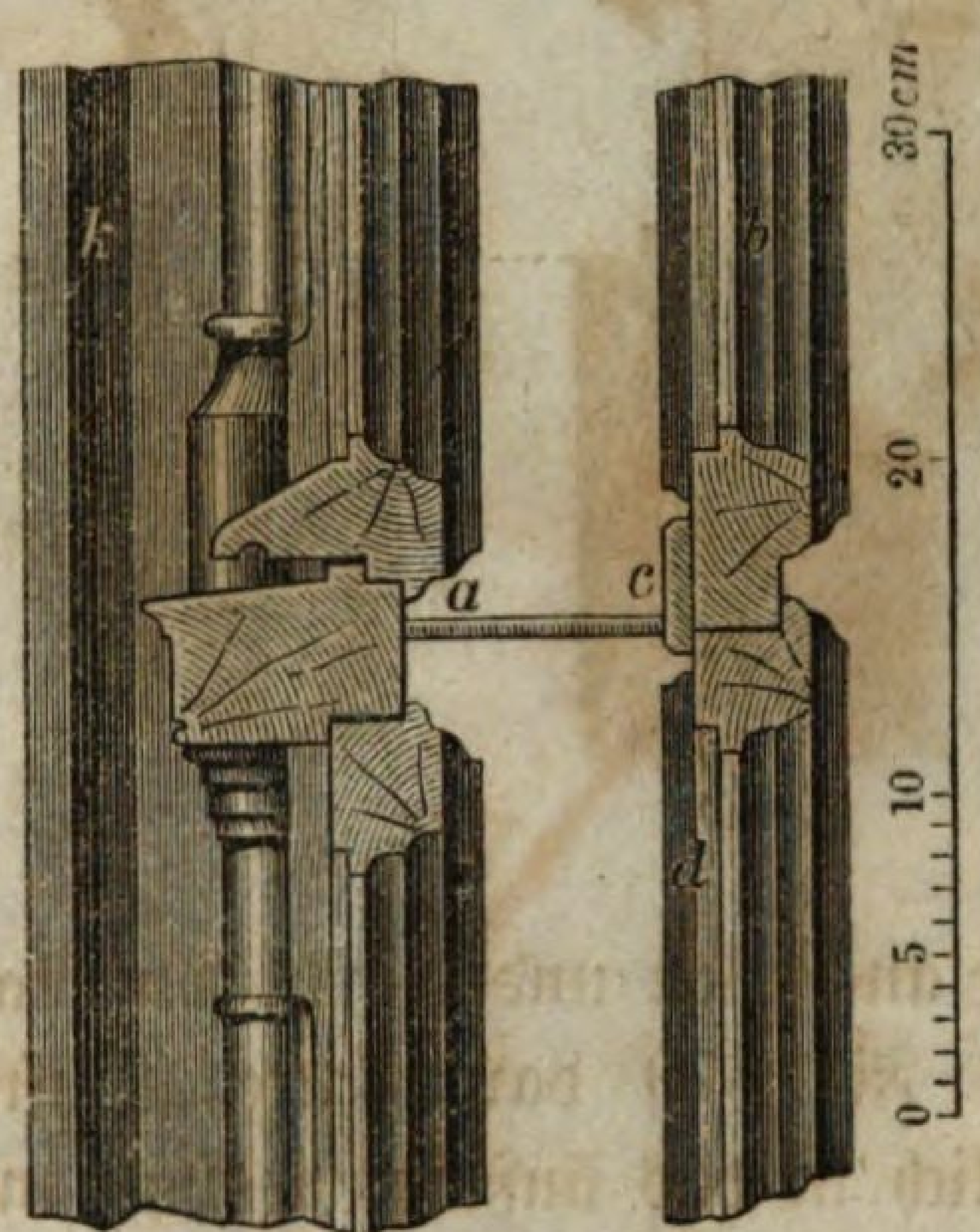
Wenn nun die lichte Höhe des innern Fensters oberhalb und an den Seiten des Rahmholzes vergrößert wird, so muß dieses über der Sohlbank ebenfalls geschehen, wie Fig. 680 zeigt. Hierbei bedeuten a das Rahmholz des äußern und b des innern Fensters, zwischen beiden

liegt ein ausgehöhltes Brett c, welches das Regen- resp. Schwitzwasser auffängt und in eine Rinne ableitet.

Die Erweiterung der lichten Höhe oberhalb des Fensters ist in Fig. 684 weiter unten zu erkennen.

Wir haben bis jetzt die Haupteigenschaften der Constructionsdetails der Doppelfenster besprochen und geben zum größeren Verständniß etliche Beispiele auf Blatt 5 und 6. Das Beispiel auf B. 5 fand bereits bei den einfachen Fenstern mit feststehendem Pfosten Erwähnung, an dieser Stelle sei nur Einiges über das innere Fenster hinzugefügt.

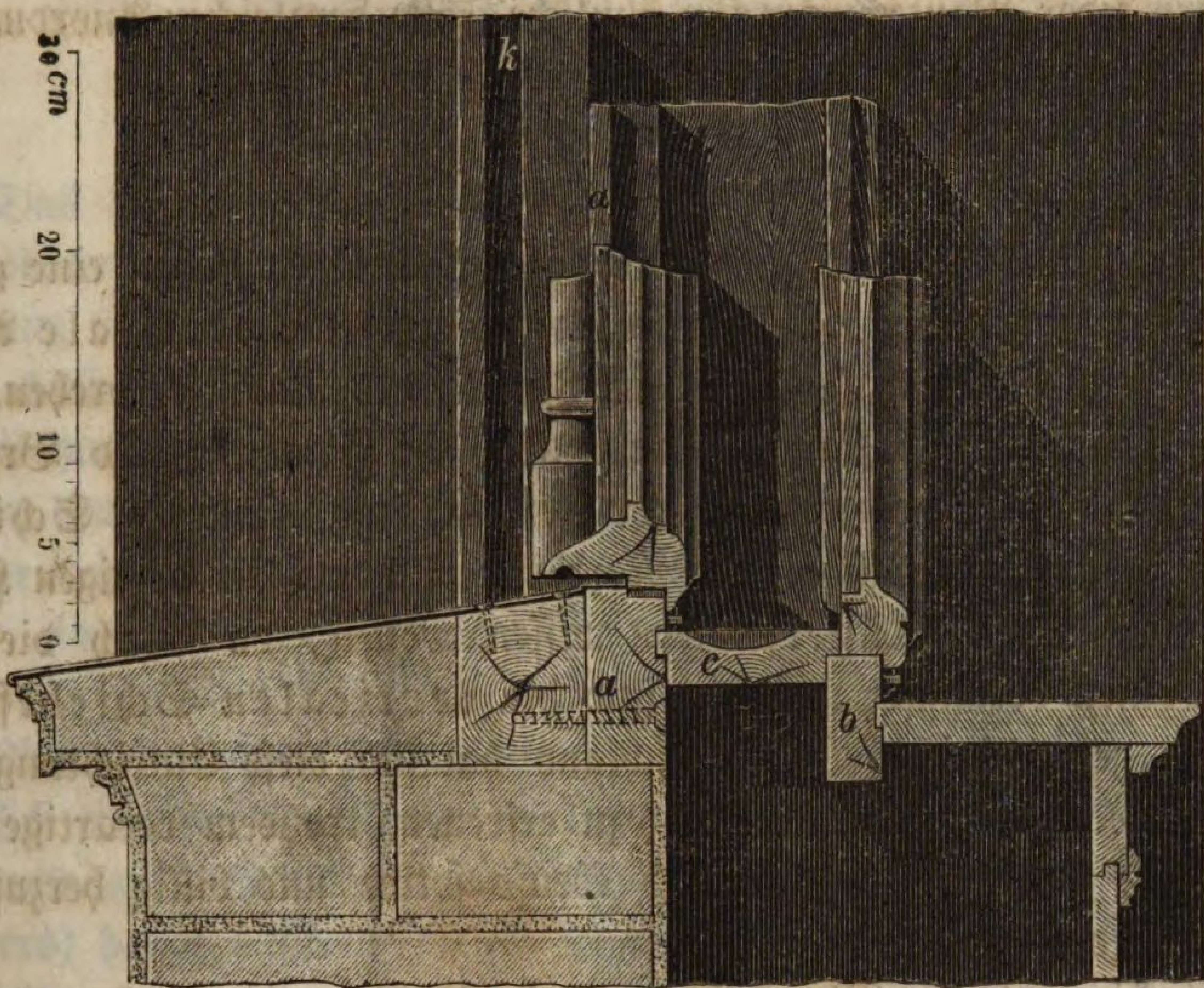
Fig. 679.



Bei der Betrachtung des Grundrisses (Fig. 1) finden wir innerhalb ebenfalls eine Aufstellung der feststehenden Pfosten, jedoch sind diese so schmal gemacht, daß die äußeren Fenster beim Oeffnen nicht gegen sie stoßen können. Während die äußeren Pfosten ziemlich breit sind und einen Falz zum Anschlag erhalten, müssen die innern schmal und vollkantig bleiben. In dem Schnitte (Fig. 2) ist die ganze Höhe der beiden Fenster zu erkennen, e stellt das innere Rahmholz, welches oberhalb höher und unterhalb tiefer als der äußere Rahmen liegt, dar, ferner ist das innere Loosholz m schmäler als das äußere b; das Schwitz- und Spritzwasser sammelt sich auf dem Lateibrett g an und wird in den darunter hängenden kleinen Zinkkasten o geleitet.

Das soeben mitgetheilte Beispiel behandelt das Doppelfenster mit feststehendem Pfosten; die Doppelfenster können jedoch auch bewegliche

Fig. 680.



Schlagleisten erhalten, dies ist sogar der häufigste Fall, denn, wie schon weiter oben erwähnt wurde, werden die Fenster mit beweglichen Schlagleisten hauptsächlich in besseren Gebäuden angeordnet, wo nicht nur auf Luxus, sondern natürlicherweise in erster Linie auf zweckmäßige und solide Constructionen besonders Gewicht gelegt wird.

Ein hierher gehöriges Beispiel veranschaulichen die Figuren auf Blatt 6, und zwar stellen Fig. 1 den Grundriß in größerem Maßstabe, Fig. 2 den Querschnitt, Fig. 3 die innere und Fig. 4 die äußere Ansicht des Fensters, sowie Fig. 5 und 6 die Details des Loosholzes und Lateibrettes dar. Betrachten wir Fig. 1 etwas näher, so sind aa die äußeren Flügel, welche in der Mitte mit doppeltem Falze zusammenschlagen; b ist die bewegliche als Halbsäule ausgebildete Schlagleiste, und c zeigt die überstehende Wassernase. Das innere Rahmholz d liegt an dem Laibungsbrett e, und gegen das Rahmholz d schlagen wiederum die Flügel f, welche bei g mit einfachen Falzen versehen sind. Die Fig. 5 macht die Verbindung des Lateibrettes mit dem äußeren, sowie dem inneren Fensterrahmen verständlich; die säulenartig durchgebildete Schlagleiste geht bis zur Wassernase c. In Fig. 6 ist die Anordnung der beiden Looshölzer gegeben. Die Säule hat ein kleines Kapitälchen erhalten, und auf demselben steht der Fuß der

oberen Schlagleiste. Im Uebrigen erklären sich die Figuren von selbst, und wird jeder Bautechniker für ähnliche Fälle dergleichen Anordnungen leicht ausführen können.

Die Schiebefenster.

Sämmtliche bis jetzt mitgetheilte Fensteranlagen haben eine gleichartige Bewegungsweise, d. h. sie lassen sich um eine verticale Achse, entweder nach der Straße oder dem Innern des Raumes, drehen. Ab und zu kommt in Deutschland (namentlich in Hamburg und Bremen) noch eine andere Bewegungsart der Fenster, in Gestalt der Schiebefenster, vor. In England und Nord-Amerika, wo die dortigen Hausfrauen von keinen Flügelfenstern wissen wollen, da durch dieselben die Gardinen derangirt werden, sind die verticalen Schiebefenster allgemein gebräuchlich In Deutschland hat sich diese Einrichtung noch keiner weitverbreiteten Anwendung zu erfreuen, trotzdem derartige Fenster manche Vortheile besitzen und ebenso solide und billig herzustellen wären, als die Flügelfenster.

Allerdings tragen Manche wohl Bedenken über ihrem Haupte fortwährend derartige verhängnißvolle Einrichtungen schweben zu lassen, jedoch so gefährlich ist die Construction nicht, und weiß der Verfasser, der sowohl in Hamburg, als auch in England vielfach Zimmer mit Schiebefenstern bewohnte, von keinem Unglücke zu berichten.

Sorgfältige Ausführung erfordert überhaupt jeder Bautheil, so auch der eben erwähnte.

Einige Bautechniker meinen allerdings, daß sich die Räume mit solchen Schiebefenstern schlecht ventiliren lassen und verwerfen dieselben deshalb; doch kann dieser Vorwurf nicht stichhaltig sein, zumal mittels einer sogenannten „Klappe" am oberen Theile des Fensters die Lüftung leicht zu bewerkstelligen sein würde.

Der wesentlichste Uebelstand der Schiebefenster ist, daß die verticale Führung nicht luftdicht abschließt, aus welchem Grunde an der „Wetterseite" die Flügelfenster vortheilhafter wären. Der erwähnte Nachtheil läßt sich aber durch Anordnung eines innern Doppelfensters (mit Flügeln) bedeutend vermindern.

Um die Construction eines verticalen Schiebefensters genauer besprechen zu können, beziehen wir uns auf Blatt 7, und zwar bedeuten auf demselben:

Fig. 1 die äußere Ansicht,

Fig. 2 die innere Ansicht,
Fig. 3 den Längenquerschnitt,
Fig. 4 den Grundriß nach AB und
Fig. 5 den Grundriß nach CD.

Das Schiebefenster besteht im Wesentlichen aus zwei Theilen: aus dem oberen (feststehend) Fenster, und dem unteren, welches in senkrechter Richtung beweglich ist; beide Theile sind von gleicher Höhe, damit sie sich vollständig decken. Das oberste Fenster x sitzt in der oberen Hälfte des Rahmholzes a, welches durch ein Looshölz b abgetheilt wird. Hinter dem Rahmholz a befindet sich an beiden Seiten eine glatte gehobelte Leiste, welche bis zum Lateibrett hinabreicht; mit dieser Leiste bildet ein breites Brett eine Nuthe zur Führung des beweglichen Fensters.

Neben den obern Stirnenden der Führung steht eine Rolle, auf welcher sich eine kräftige Gurte, an deren einem Ende das bewegliche Fenster, und an dem andern ein Gewicht (wenig größer als dasjenige des Fensters) hängt. Durch dieses Gegengewicht wird das Schubfenster in die Höhe gezogen, besonders wenn es von unten einen schwachen Anstoß erhält; es bewegt sich dann so lange in verticaler Richtung bis das Aufsteigen von einem Haken unterbrochen wird. An einem Knopfe (k in Fig. 2) kann das Fenster wieder herunter gezogen werden, alsdann wird das selbstständige Hinaufgleiten entweder mittels eines Riegels oder einer kräftigen Feder verhindert.

Im Uebrigen geschieht die Herstellung der Rahmhölzer und des Fensters in derselben Weise, wie bei den früher beschriebenen Fenstern mitgetheilt wurde.

Schließlich sei hier noch eine andere Anordnung erwähnt, bei welcher das Fenster nicht hinauf, sondern hinab, in einen in der Fensterbrüstungsmauer befindlichen Schlitz, gleitet. Hierdurch wird die Fensterbank ebenfalls von einem Schlitze durchbrochen; man pflegt das Schiebefenster dann nur soweit hinunter zu lassen, bis es die Oeffnung gerade ausfüllt und dessen obere Kante mit der Sohlbank bündig abschließt. Die Construction dieses Schiebfensters ist aber umständlicher, als die vorige und wird daher auch seltener ausgeführt.

Eine dritte Bewegungsart wird dadurch bewirkt, daß das Fenster nicht in verticaler, sondern in horizontaler Richtung in die Mauer, oder beim dreitheiligen Fenster hinter die mittelste feststehende Abtheilung, geschoben wird. Diese sogenannten Coulissenfenster kommen

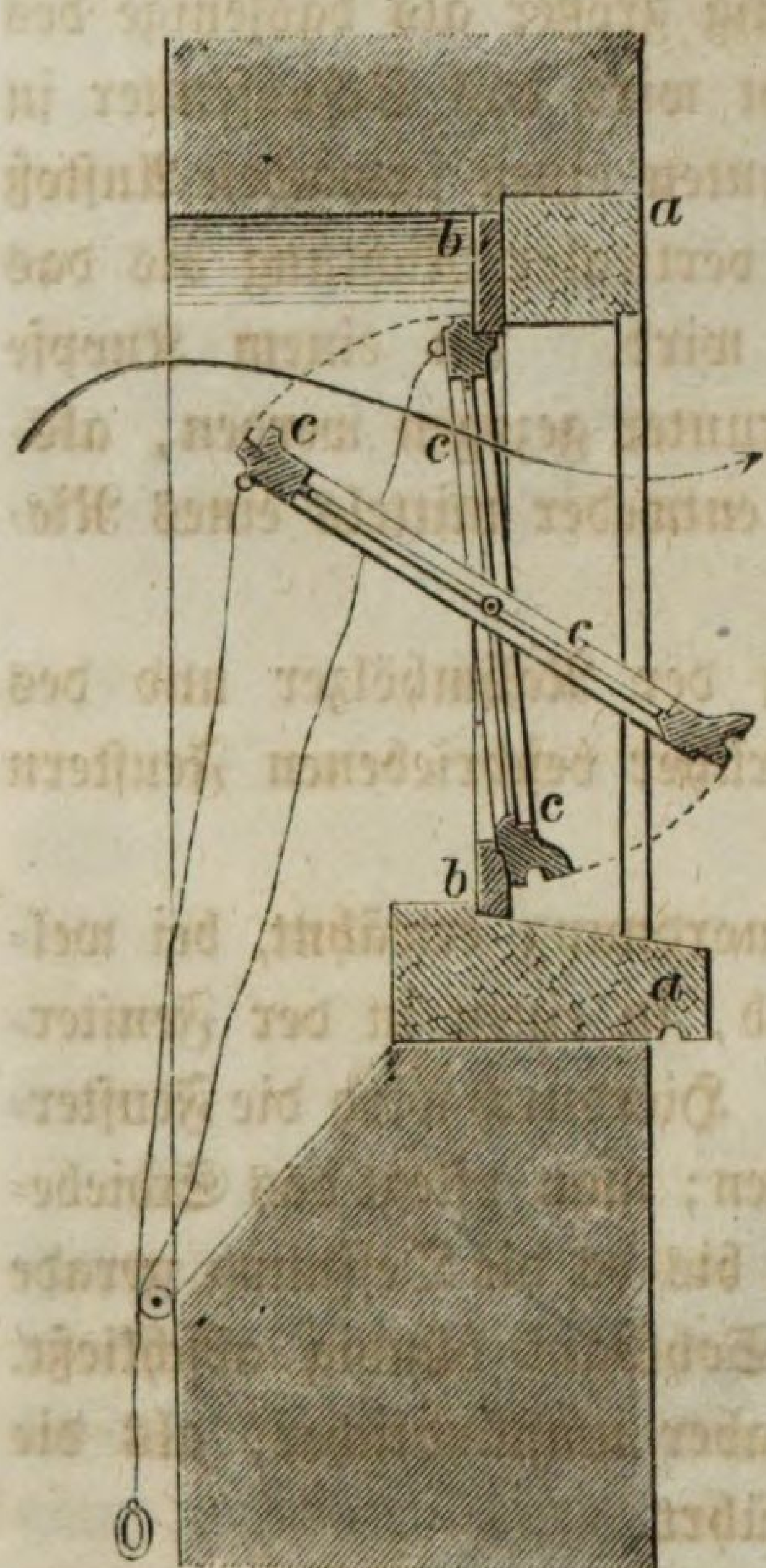
nur höchst selten zur Anwendung, da ihre Construction zu complicirt ist, und die Führung, Rollen ꝛc. in der Mauer sehr versteckt liegen, so daß die nothwendigen Reparaturen nur schwierig zu bewerkstelligen sind. Im Wesentlichen haben sie eine ähnliche Construction (nur in kleinerem Maßstabe), wie die Schiebethüren; die Rollen können sowohl an der oberen, als auch an der unteren Fensterkante befestigt werden.

Die Dreh- oder Klappfenster.

Außer der vertical-drehbaren, sowie horizontal- resp. vertical-schiebbaren Bewegung der Fenster, giebt es noch eine andere Bewegungsart, nämlich die um eine horizontale Achse, wie die Fig. 681 veranschaulicht.

Die Verwendung dieser Dreh- oder Klappfenster findet entweder als selbstständige Construction, oder als Theil eines größeren Fensters statt. Im ersten Falle eignen sich die Klappenfenster am besten als Luftfenster, z. B. in Viehställen ꝛc., und im zweiten Falle als Ventilationsvorrichtung in größeren Fensteranlagen. In unserer Figur ist das Drehfenster in einem Viehstalle, Privet ꝛc. befindlich gedacht. Es bedeutet hierbei a die massive Fensterumfassung (hier Sandstein), an welcher das Rahmholz b liegt; letzteres steht stets im Lothe, während das Fenster c geneigt im Rahmen so angeordnet wird, daß es oberhalb inwendig und unterhalb auswendig gegen das Rahmholz b klappt. Mittels einer Schiebestange oder eines Drahtes kann nun das Fenster c um seine horizontale Achse gedreht werden, damit die schlechte Luft oben hinaus und die gute unten herein zu bringen vermag.

Fig. 681.



Sind dergleichen Drehfenster als Ventilationsklappen anzubringen, dann geschieht dies stets am obern Theil des Fensters, wobei die Drehklappe oberhalb gegen die innere Kante des Rahmholzes, und unterhalb

gegen die äußere Fläche des Loosholzes anschlägt. Solche Ventilationsfenster findet man häufig bei Schulen ꝛc.

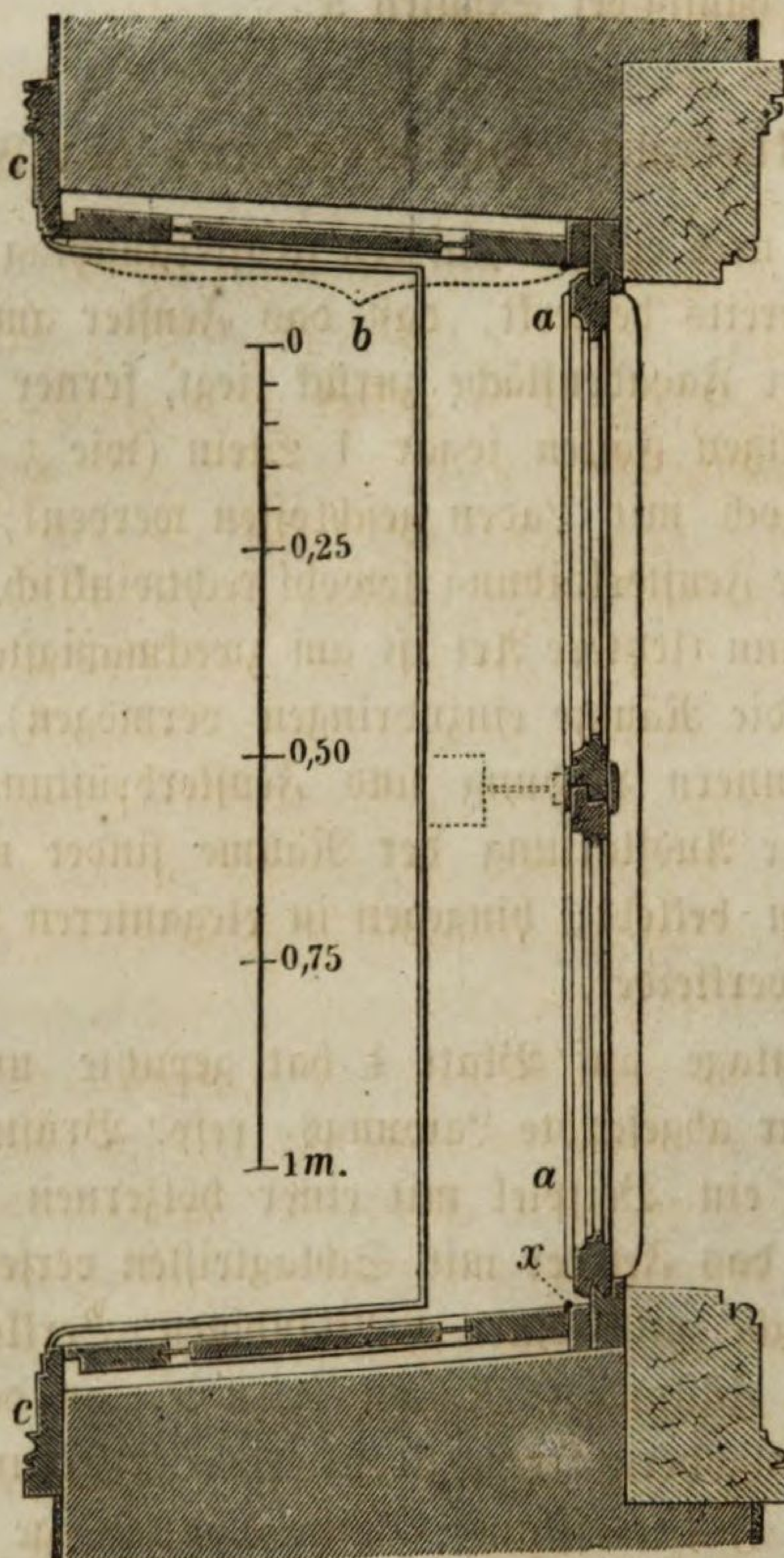
Die Bekleidung und Brüstung der Fenster.

Kommen wir noch einmal auf den Fensteranschlag zurück, so finden wir weiter oben bereits bemerkt, daß das Fenster am vortheilhaftesten $1/2$ Stein hinter der Façadenfläche zurück liegt, ferner daß der Anschlag $1/4$ bis $1/2$, in einigen Fällen sogar 1 Stein (wie z. B. bei Doppelfenstern, welche noch mit Laden geschlossen werden), gemauert wird, und daß die innere Fensterlaibung sowohl rechtwinklich, als auch geneigt zur Mauer sein kann (letztere Art ist am zweckmäßigsten, weil die Lichtstrahlen besser in die Räume einzudringen vermögen). Die äußerliche Behandlung der innern Laibung und Fensterbrüstung ist verschiedenartig; bei einfacher Ausstattung der Räume findet man beide ringsherum mit Tapeten beklebt, hingegen in eleganteren Wohnzimmern ꝛc. vielfach mit Holz verkleidet.

Die Fensteranlage auf Blatt 4 hat geputzte und übertapezierte, oder wohl auch nur abgefärbte Laibungs- resp. Brüstungsflächen, während die Fig. 682 ein Beispiel mit einer hölzernen Verkleidung vorführt; hierbei ist das Fenster mit Schlagleisten versehen, und die geneigte Laibungsfläche mit einer vollständigen Verkleidung umgeben. Letztere besteht aus Füllungen, Rahmhölzern ꝛc.; an der innern Wandfläche läuft noch ringsherum eine profilierte Verkleidung c als Umrahmung der innern Fensteröffnung. Eine vollständige Verkleidung der innern Laibung und Fensteröffnung veranschaulichen ferner die Figuren auf Blatt 6. In Fig. 1, 2 und 3 bedeutet h die Futterbekleidung der innern Laibung, dieselbe befindet sich an beiden Seiten und an der Decke, und besteht aus mehreren Füllungstheilen, sowie einem Sockel von der Höhe der Fußbodenleiste. Die Verkleidung ist nicht sehr breit, deshalb sind die Füllungen nur durch Ausgrundirung hergestellt.

Die Umrahmung resp. äußere Verkleidung p liegt stumpf an der Laibungsverkleidung und umrahmt innerhalb die ganze Oeffnung; häufig wird diese Umkleidung noch mittels einer Verdachung bekrönt. Die Brüstung erhält ebenfalls eine Verkleidung resp. Vertäfelung, welche mit der Laibungsverkleidung in Verbindung steht. Ueber der Brüstungsverkleidung g liegt stets das Latei- oder Fensterbrett i, welches den Zweck hat, als Tisch zu dienen und das bequeme Auflehnen des Kör-

Fig. 682.



pers beim Hinaussehen zu gestatten, hauptsächlich aber das Spritzwasser vom Fenster aufzufangen, sowie die Brüstungsmauer abzudecken.

Der Ladenverschluß der Fenster.

Um das Eindringen ungebetener Gäste durch die Parterrefenster zu verhindern, sowie die Witterungseinflüsse von den Fenstern abzuhalten, bediente man sich schon seit langer Zeit der Fensterladen, deren einfachste Construction darin besteht, daß außerhalb des Fensters einfache Laden, bestehend aus schmalen gehobelten und gespundeten und auf Leisten geschobenen Brettern, auf Stützhaken hängen und vor die Fenster geklappt, sowie innerhalb mittelst eines Bolzens gehalten werden.

Diese primitive Einrichtung bedarf keiner weiteren Erklärung, da Jeder sie in kleinen Städten und Dörfern vielfach gesehen hat. Für bessere Wohnhäuser genügen solche Fensterladen nicht, zumal sie die Façaden sehr verunstalten, deshalb bringt man in neuerer Zeit die Ladenverschlüsse innerhalb des Raumes hinter den Fenstern an. Die innern Fensterladen bestehen aus Rahmhölzern und Füllungen (wie bei Thüren), und schlagen nach beiden Seiten so auf, daß sie die innern Laibungsflächen bedecken und gleichzeitig die Verkleidungen bilden.

Je nach der Beite der innern Laibung besteht jeder Ladenflügel aus einem, zwei oder mehreren Theilen. Denken wir uns in Fig. 682 den Fensterladen b bei x drehbar, so erhalten wir zwei Theile, von denen jeder die halbe Breite des Fensters erhält.

In der Regel sind die Mauern der mehrstöckigen Gebäude so stark, daß die innern Laibungsflächen schon für die Ladenbreiten genügen.

Nehmen wir z. B. das Fenster im Lichten 1,25 m (4') breit an, so müßte die ganze Mauerdicke incl. $1/2$ Stein Fensteranschlag 3 Stein stark werden, wenn der Fensterladenflügel ungetheilt bleiben soll; diese Stärke würde aber nur bei 4stöckigen Gebäuden entstehen, deßhalb muß man bei niedrigen Gebäuden und schwächeren Mauern die Laden zusammenklappen, wie Fig. 673 zeigt. Hierbei wird die innere Breite des Fensteranschlags mindestens $1/2$ Stein betragen müssen, damit die zusammengelegten Ladentheile zurückliegen können; auf Blatt 6 ist die Construction einer derartigen Anordnung in größerem Maßstabe gezeichnet. Bei diesem Beispiele ward ein Doppelfenster angenommen, und in Folge dessen wird ein Maueranschlag von 1 Stein Breite erforderlich sein, weil das innere Rahmholz eine größere lichte Weite hat als das äußere und der Laden außerdem noch hinreichenden Platz haben muß.

Bei allen Flügelladen, mögen sie bei einfachen oder doppelten Fenstern angewendet sein, ist stets ein besonderer Rahmen (n in Fig. 1 auf Blatt 6) nothwendig, um den Laden vom Fenster abzuhalten; an diesem Rahmen n wird nun der Laden mittels einiger Fischbänder (siehe Fig. 657) an drei Stellen befestigt. Die hier mitgetheilte Ladenverschlußeinrichtung besteht aus zwei Klappstücken, welche durch Charnierbänder (siehe Fig. 656) oder Fischbänder mit einander so verbunden werden, daß sie sich hintereinander klappen lassen. Gegen den Rahmen n stoßen die Flügel stumpf zusammen; letztere sind jedoch bei k mit einfachen Falzen und an den Enden l mit einer Abschrägung versehen, damit die Zugluft und Lichtstrahlen nicht durchzudringen vermögen.

In geschlossenem Zustande befinden sich die Laden in der Lage der punktirten Linien.

Häufig besitzen die Mauern bei niedrigen Gebäuden eine so geringe

Fig. 683.



Dicke, daß die zusammengeklappten Ladenflügel vor der inneren Laibungsfläche stehen bleiben. Es entsteht hierdurch ein hohler Raum, welcher von dem Brette o, der Leiste p, sowie der Verkleidung m m begrenzt wird.

Die inneren Fensterladen der Wohnräume fertigt man stets aus Tannenholz an; es können manchmal aber auch Fälle vorkommen, daß hölzerne Laden nicht genügende Sicherheit bieten, besonders bei solchen Räumlichkeiten, welche werthvolle Gegenstände beherbergen, wie z. B. die Comptoire, Cassenzimmer ꝛc.; in diesen Fällen sind hölzerne, mit Eisenblech beschlagene, oder auch ganz eiserne Laden geboten.

Die Construction derselben ist im Allgemeinen sehr einfach: man bilde Rähme und Füllungen aus zusammengenieteten Eisenblechen, verbinde die eisernen Flügel mittels Charnierbändern, und hänge die Laden an Fischbändern oder Stützhaken auf; Fig. 683 zeigt eine solche eiserne Fensterladenconstruction (von inwendig betrachtet) in geschlossenem Zustande. Der Verschluß geschieht ober- und unterhalb mittels einer horizontalen Eisenstange z, welche hinter einige hervorstehende Haken greift.

Einen ähnlichen Stangenverschluß findet man auch vielfach bei hölzernen Läden angewendet.

Die bis jetzt mitgetheilten Fensterladen in Wohnräumen haben die allgemeinste Verbreitung gefunden, sie bedürfen im Mauerwerk keiner besonderen Constructionsvorrichtung und eignen sich auch am besten für Wohnhäuser in kleineren Städten, da jeder Tischler bei einiger Anweisung sie anzufertigen im Stande sein wird.

Wie schon die Grundrisse (Fig. 673 und auf Blatt 6) zeigen, sind für die zusammengeklappten Laden in den getäfelten Laibungsflächen besondere Kastenöffnungen nothwendig, welche, während die Laden verschlossen stehen, sichtbar bleiben und nicht gut aussehen. Außerdem haben die Flügelladen noch den Nachtheil, daß beim Schließen derselben die Blumen ꝛc. von dem Lateibrette stets weggeräumt werden müssen; deshalb war man bedacht zum Fensterverschlusse der Wohnungen ähnliche Constructionen anzuwenden, wie sie bei den Schaufenstern schon seit längerer Zeit üblich sind.

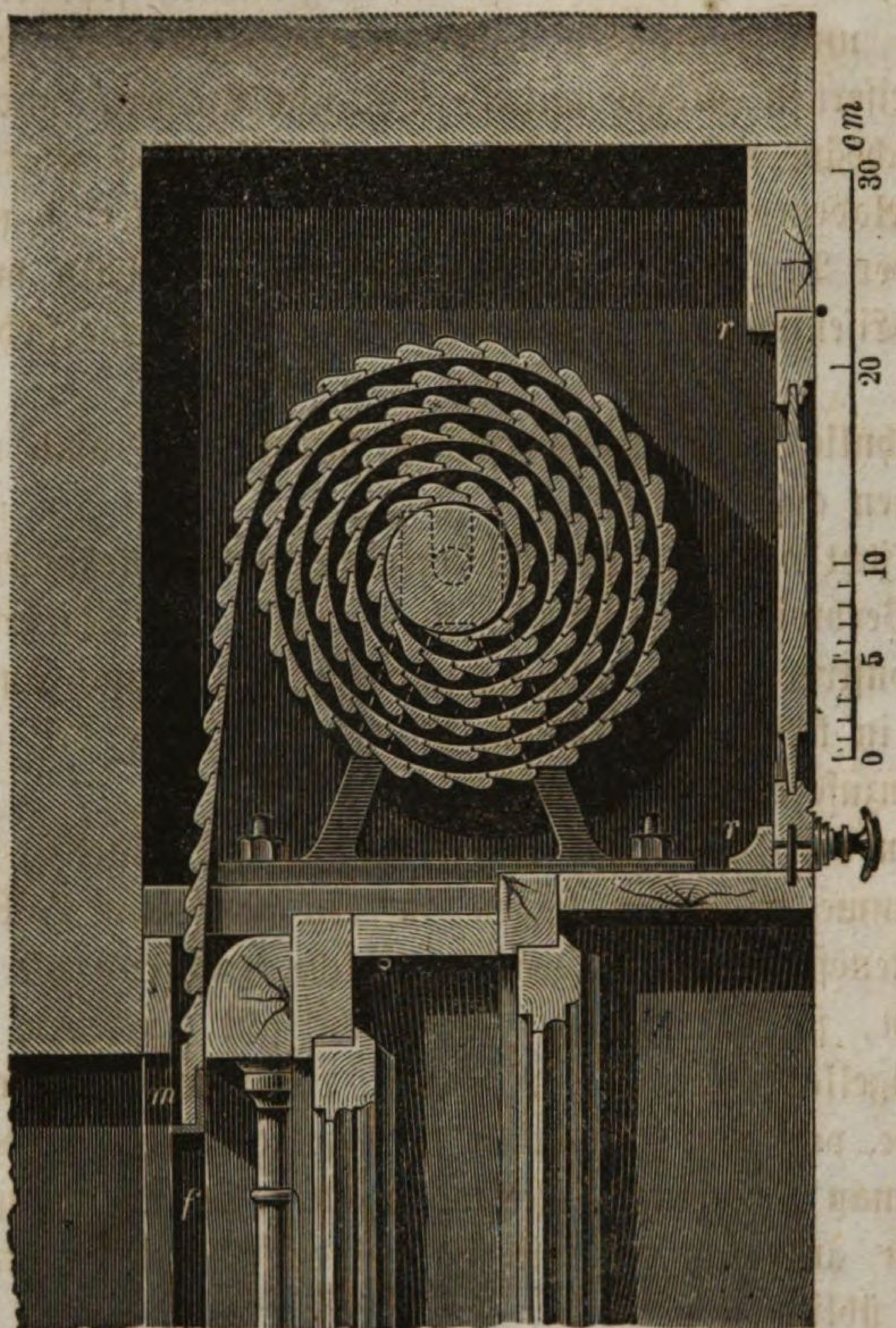
Am zweckmäßigsten erwiesen sich für diesen Zweck die hölzernen Rolljalousien.

Auf Blatt 5 Fig. 1 und 2 finden wir die genannte Construction angewendet, sie besteht im Wesentlichen aus folgenden Theilen: oberhalb des Fensters ist ein besonderer Raum erforderlich, um das Rolljalousie beherbergen zu können, an den beiden Seiten des Fensters stehen auf Mauerabsätzen zwei gußeiserne Lager, welche mit dem Mauerwerk etwas verankert sein müssen und zur Unterstützung der Rolljalousie-

welle dienen; letztere kann entweder aus festem Holze oder Eisen bestehen.

Das Jalousie besteht aus einzelnen kleinen, profilirten sich überdeckenden Stäben, welche auf eine kräftige Leinewand geleimt werden; ähnlich wie bei den gewöhnlichen Zimmer-Rouleaux wird nun die

Fig. 684.



beklebte Leinewand auf und abgezogen. Damit das Jalousie besser in die Führung gelangen kann, steht zu beiden Seiten des Fensters eine Leitrolle y, so daß dann das Jalousie dicht vor dem Fenster in der Führung k Fig. 1 bleibt.

Die Construction des Rolljalousies verdeutlicht Fig. 684, hierbei ist f die Führung. Zur Reinigung des Rolljalousies und des oberen Kastens, sowie um nöthige Reparaturen vornehmen zu können, muß der

Jalosiekasten von einer, mit Riegeln und Charnierbändern versehenen Klappe, der ganzen Länge nach verschließbar sein. Diese Klappe wird aus Rahmholz und Füllungen (siehe r r Fig. 684) zusammengesetzt.

Der Fensterbeschlag.

Nachdem in den vorigen Abschnitten von den Holzverbindungen der Fenstern und deren Bekleidungen, sowie Ladenverschlüssen gesprochen worden ist, wollen wir hier noch diejenigen Vorrichtungen mittheilen, mittels welcher die Fensterflügel sowohl verstärkt, als auch ihrem Zwecke entsprechend, nutzbar gemacht werden: wir meinen die verschiedenen Metallbeschläge.

Dieselben führen folgende Bezeichnungen:

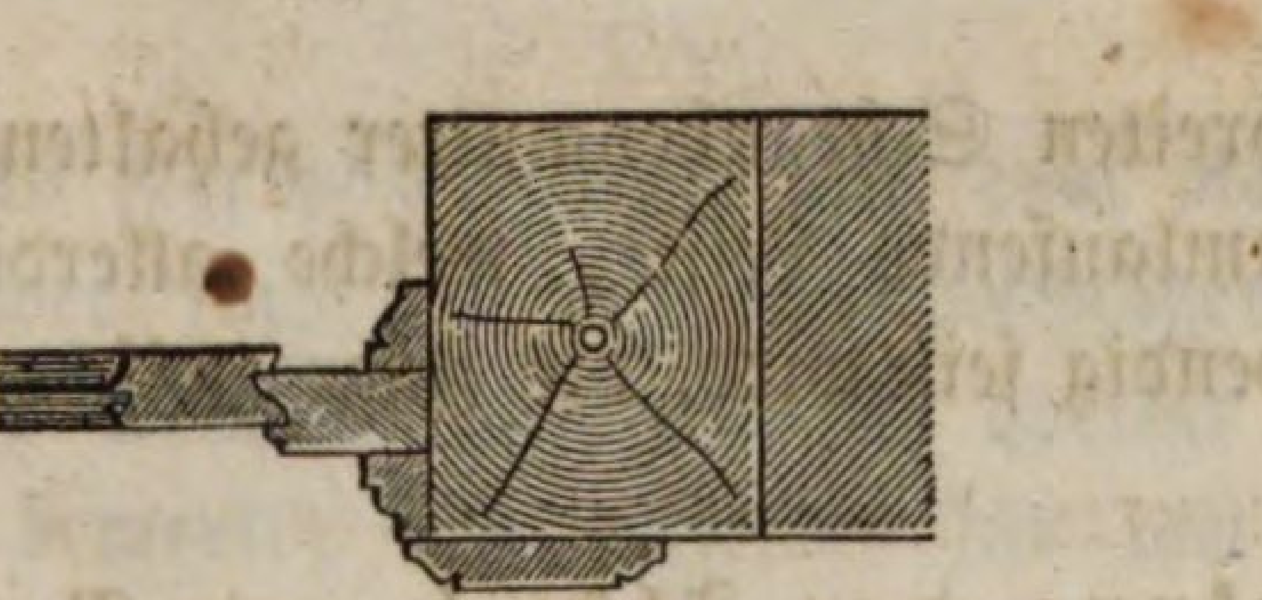
1. Verstärkungseisen,
2. Befestigungseisen des Rahmholzes,
3. " des Fensterflügels,
4. Verschluß der Fenster und
5. Handgriffe zum Oeffnen und Schließen.

Die Befestigung des Rahmholzes mit dem Anschlage.

Auf die zweckmäßige Befestigung des Rahmholzes mit dem Anschlage ist sehr zu achten; besonders darf keine Zugluft 2c. an den Seiten durchkommen, auch darf das Mauerwerk durch die Befestigung nicht abbröckeln oder sich ablösen.

Bei Fachwerkswänden bietet diese Befestigung keine besondere Schwierigkeit, zumal das Rahmholz in der Regel gegen einen am Ständer befindlichen Falz anschlägt. Sollte jedoch kein Falz vorhanden

Fig. 685.



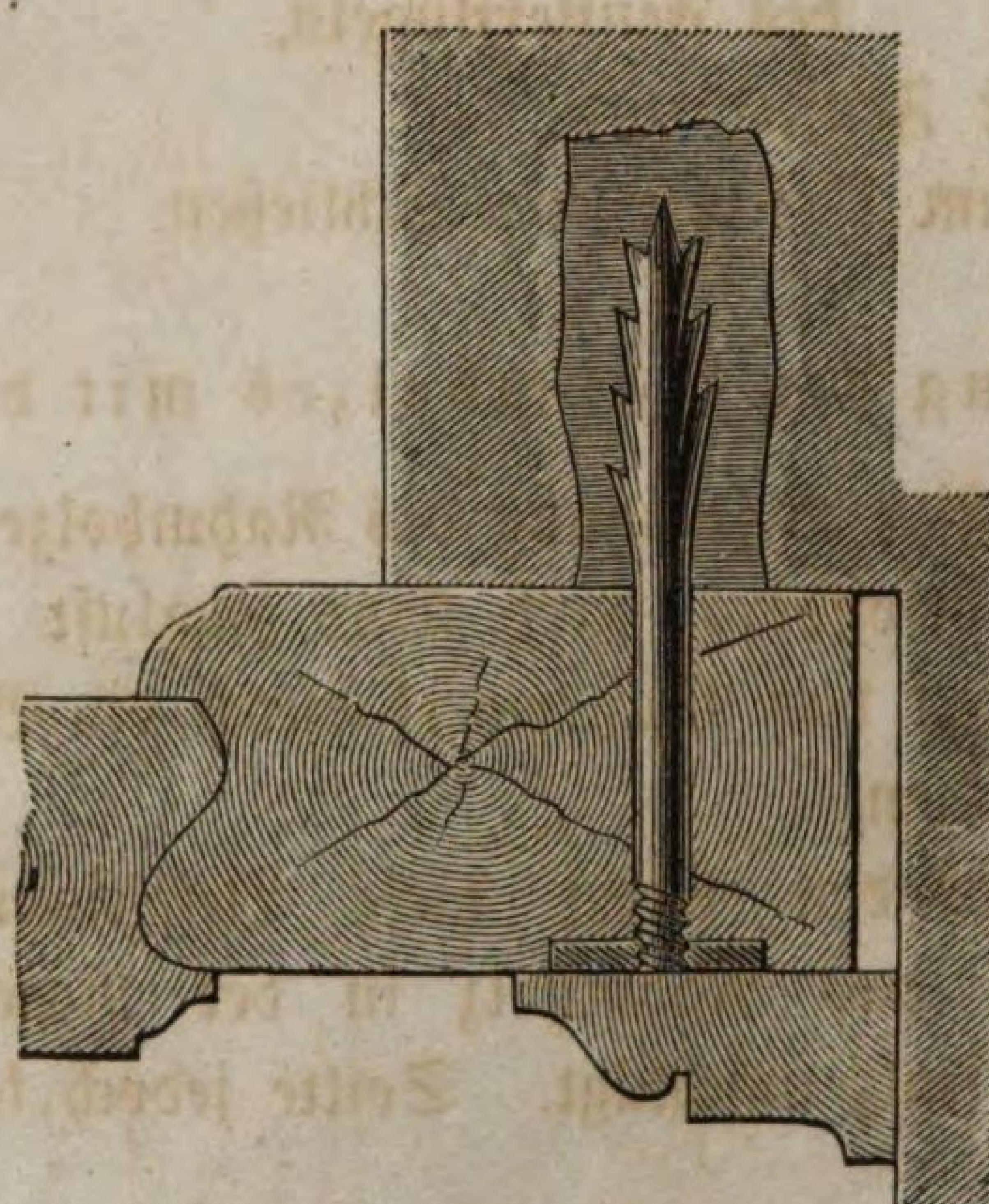
sein, dann wird der Rahmen zwischen die Ständer gesetzt und von beiden Seiten mittels einiger festgeschraubten Leisten gehalten; außerhalb können dann noch einige Leisten die Fugen ringsum bedecken. (Fig. 685.)

Weit schwieriger ist jedoch die Befestigung bei massivem Anschlag. Erstere kann man auf zweierlei Arten bewerkstelligen: bei kleineren Fenstern genügen die sogenannten Bankeisen, welche an mehreren Stellen so in die Mauerfugen getrieben und mit Gyps vergossen werden, daß das Rahmholz fest gegen den Anschlag gepreßt wird.

Die seitliche Verschiebung des Rahmen wird alsdann durch einige Holzkeile verhindert.

Diese Befestigungsart kann aber bei größeren, schwereren Fenstern, besonders bei Doppelfenstern, nur als mangelhaft und unvollkommen angesehen werden, da das Bankeisen sehr leicht locker wird. Deshalb empfiehlt sich zur Sicherheit die in Fig. 686 gezeichnete Befestigung, wobei ein Mauerbolzen in dem Anschlag vergossen und das Rahmholz

Fig. 686.



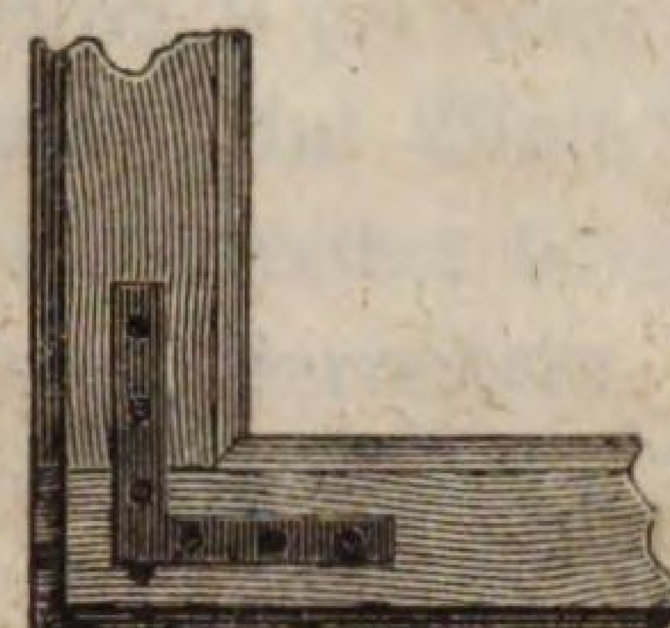
mittels einer breiten Schraubenmutter gehalten wird: alsdann verdeckt eine ringsherumlaufende Leiste, welche allerdings nur bei einfachen Fenstern nothwendig sein wird, die Fuge zwischen Rahmholz und Mauer.

Die Verstärkung der Flügel und Befestigung derselben an dem Rahmholze.

Trotzdem die Fensterrahmen zusammengezinkt oder verzapft und mit hölzernen Nägeln gehalten werden, genügt diese Verbindung, besonders für größere Flügel, nicht, sondern ist es stets zu rathen in die

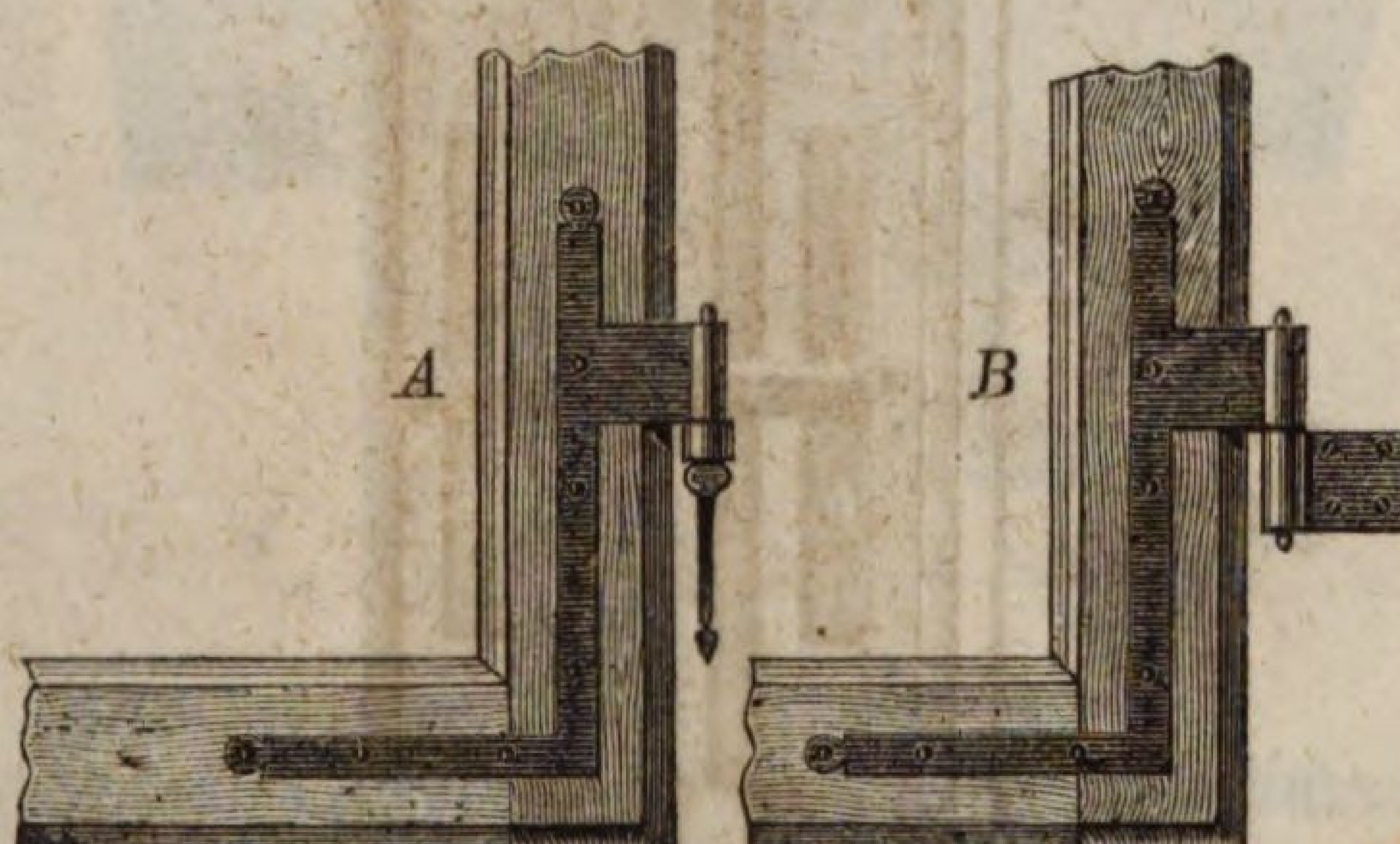
Ecken der äußern Fensterrahmen einige Winkelbänder einzulassen und letztere mittels Holzschrauben zu befestigen. (Fig. 687 u. S. 428).

Fig. 687.



Diese Winkelbänder bestehen aus $1\frac{1}{2}-3^{mm}$ ($\frac{1}{16}-\frac{1}{8}''$) starkem Eisenbleche und haben 13^{cm} ($5''$) lange und $3-5^{cm}$ ($1\frac{1}{4}-2''$) breite Schenkel. Bei kleineren Flügeln pflegt man auch vielfach das Winkelband mit dem Bewegungsbeschlage zu vereinigen; zu diesem Zwecke wird an einem besonderen Eisenlappen eine Hülse gebogen, welche sich in einen kleinen, an dem Rahmholze befestigten, Stützhaken aufsetzt (Fig. 688 A und B). Bei größeren und eleganteren Fensteranlagen

Fig. 688.



werden die Flügel mittels Fischbändern mit dem Rahmholze verbunden. Diese Fischbänder sind bei den Thürbeschlägen bereits besprochen (siehe Fig. 657), weshalb wir auf die dortige Beschreibung verweisen, nur sei hier bemerkt, daß dieselben für den vorliegenden Zweck bedeutend kleinere Dimensionen haben müssen.

Der Verschluß der Fenster.

Zur bequemen Hantierung des Fensters, nämlich des Oeffnens und Schließens, legt man besonders Gewicht auf die zweckmäßige Wahl

des Fensterverschlusses. Die Hauptbedingungen desselben sind: einfache, solide und praktische Construction, bei möglichst geringem Kostenaufwande.

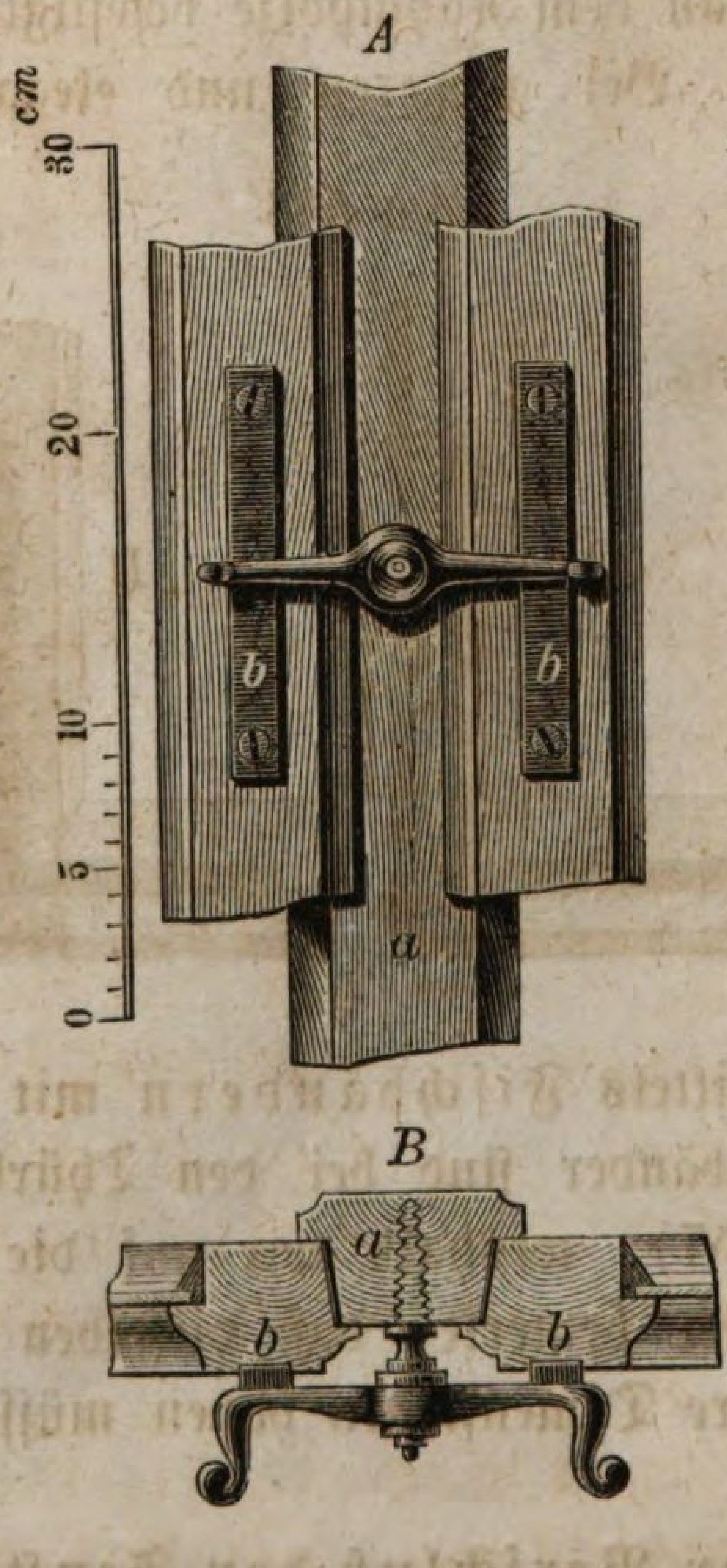
Dem Namen und der äußeren Form nach unterscheidet man:

1) Einreiberverschluß,
2) Vorreiberverschluß,
3) Ruderverschluß,
4) Riegelverschluß,
5) Basculeverschluß und
6) Espagnolettstangenverschluß.

Der Einreiber- und Vorreiberverschluß.

Der Einreiber ist der einfachste und billigste Verschluß, gleichzeitig aber auch der unsicherste; seine Verwendung kann deshalb nur

Fig. 689 A und B.

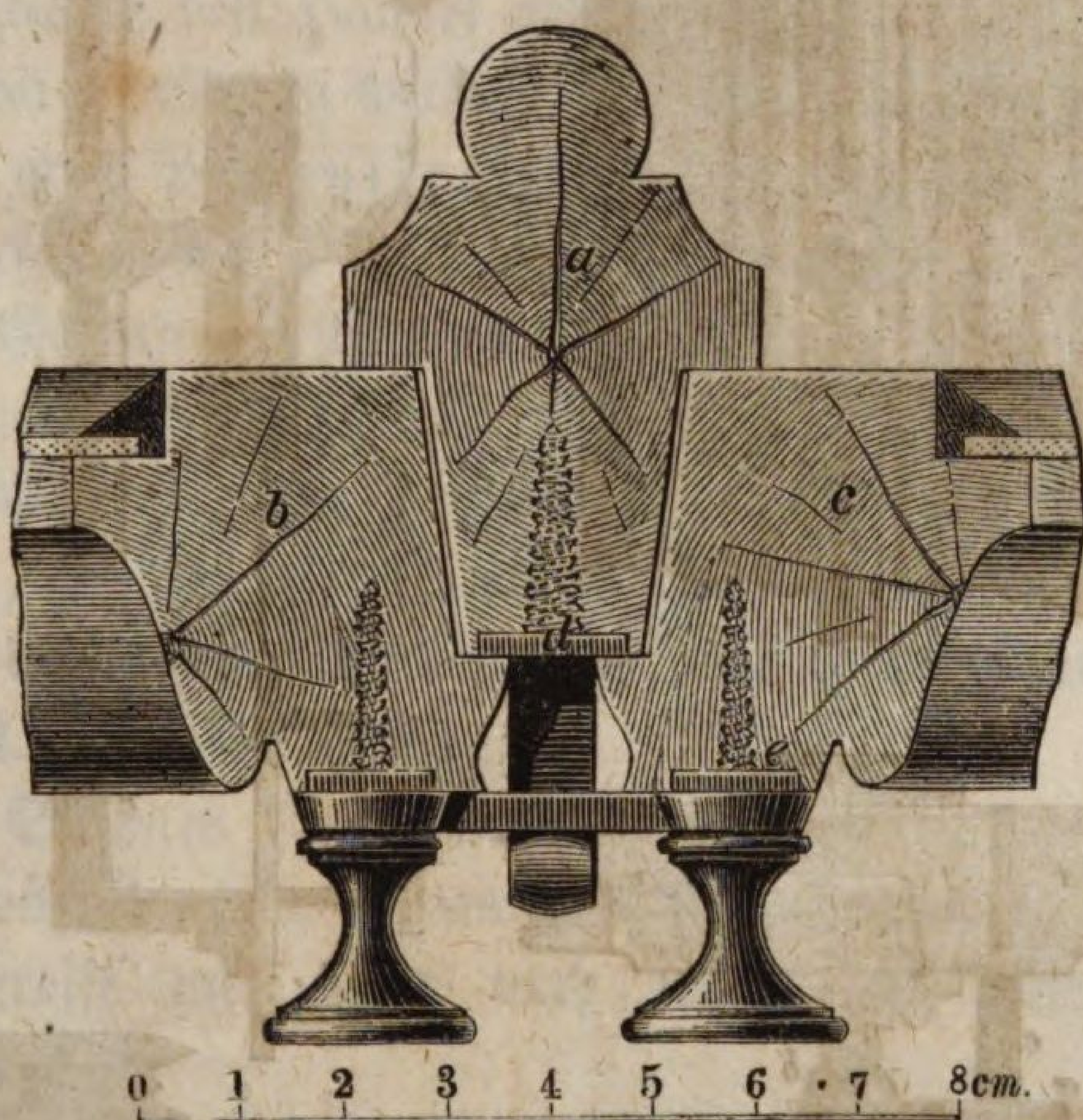


bei Fenstern mit feststehendem Pfosten stattfinden. Am häufigsten kommt er bei einflügeligen Boden- und Kellerfenstern vor (s. Fig. 663 u. 666).

Der **Vorreiber** ist eigentlich ein doppelter Einreiber, wie die Fig. 689 A und B veranschaulichen. Er wird ebenfalls hauptsächlich bei Fenstern mit feststehendem Pfosten verwendet, und zwar in der Weise, daß er am Pfosten a angeschraubt, alsdann vor die Fensterrahmen gegen das Schutzblech b geschoben wird und somit die Flügel fest an den Pfosten drängt. Auf Blatt 8 Fig. 1 ist ein Fenster mit einem derartigen doppelten Vorreiber dargestellt.

Eine bessere Art von Vorreibern ist der **Ruderverschluß** (Fig. 690); derselbe kann sowohl bei festen Fenstern mit **feststehendem**,

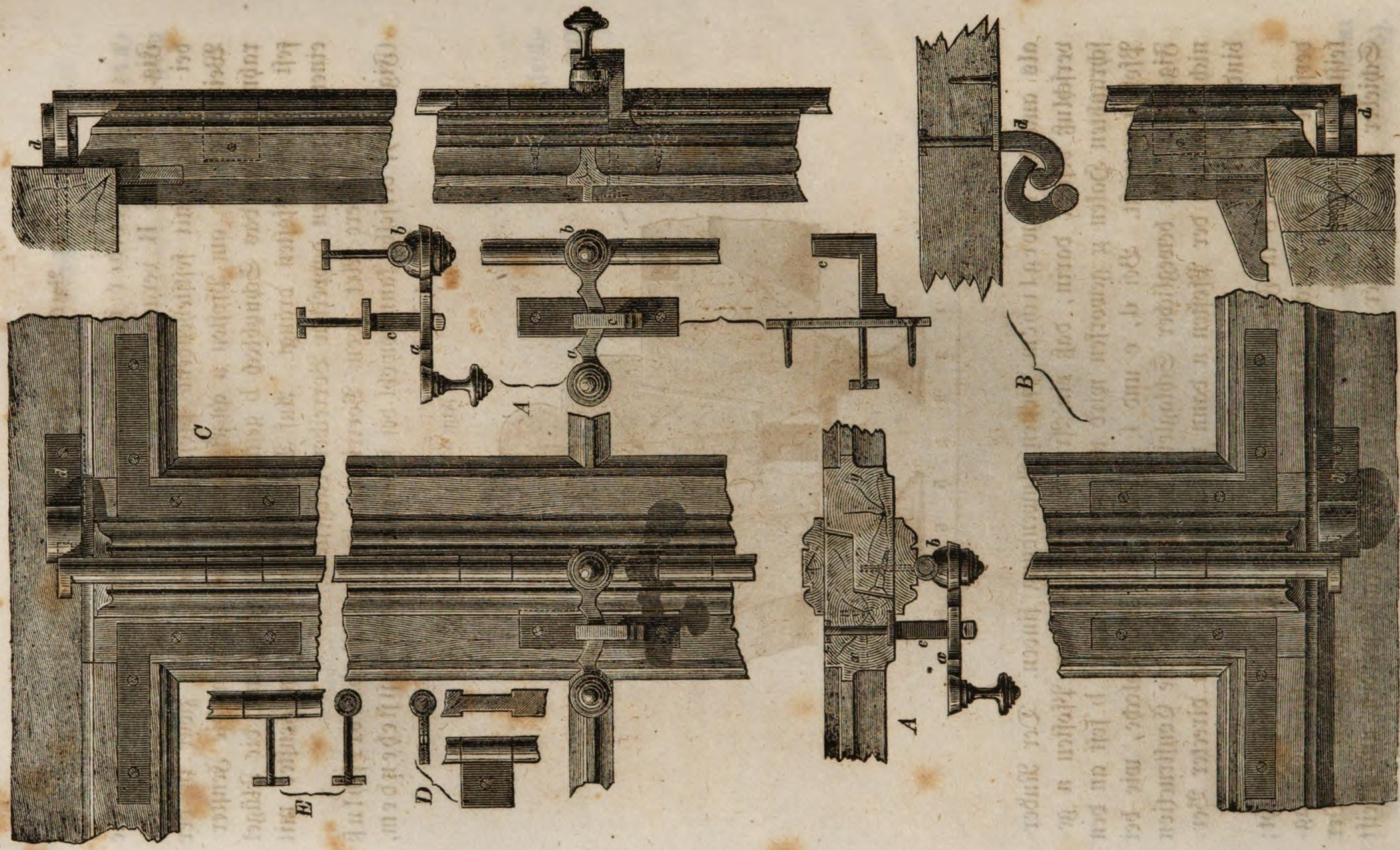
Fig. 690.



als auch bei **beweglichem** Pfosten Anwendung finden. Der Ruderverschluß besteht darin, daß ein Arm über einen, am Pfosten a geschraubten Haken g geworfen wird und somit den Flügel b fest an den Pfosten a preßt. Bei d, e und f befinden sich Schutzbleche, wie bei Fig. 689. Bei beweglicher Schlagleiste verändert sich die Construction nicht, nur daß der Pfosten a dann mit dem Flügel c in directer Verbindung steht.

Auf Blatt 8 in Fig. 2 ist ein **Riegelverschluß** veranschaulicht; derselbe wird am zweckmäßigsten bei Fenstern mit beweglicher Schlagleiste, auf welcher der Riegel befestigt sein kann, angewendet. Der Schieber muß in einer bequemen Höhe angebracht werden und greift

Fig. 691 A—E. Maßstab: $\frac{1}{4}$ nat. Größe.



in eine, am Loosholze befindliche Oese. Der untere Theil des Flügels erhält ebenfalls einen Schieber als Verschluß, wie die Figur zeigt.

Der Riegelverschluß wird nicht gerne angeordnet, er ist allerdings zuverlässig, solide und billig, verunstaltet aber das Fenster und hat den Nachtheil, daß das Verschließen des oberen und unteren Theiles des Fensters nicht gleichzeitig geschehen kann. Ueberhaupt ist bei sämmtlichen genannten Verschlußarten das Oeffnen und Schließen der Fensterflügel unbequem, deshalb werden an letzteren besondere Ziehknöpfe nothwendig.

Da die bis jetzt mitgetheilten Vorkehrungen viele Nachtheile besitzen, wurden in den letzten fünfzehn Jahren verschiedene andere Verschlußvorrichtungen in den Handel gebracht und empfohlen, von welchen sich aber nur zwei Arten als wirklich praktisch erwiesen haben, nämlich: der Bascule- oder Pasquil-Verschluß und der Espagnolettstangen-Verschluß.

Die erste Gattung besteht nun wiederum aus Bascule mit Zahnstange und Bascule mit Schwengel (von Hügel).

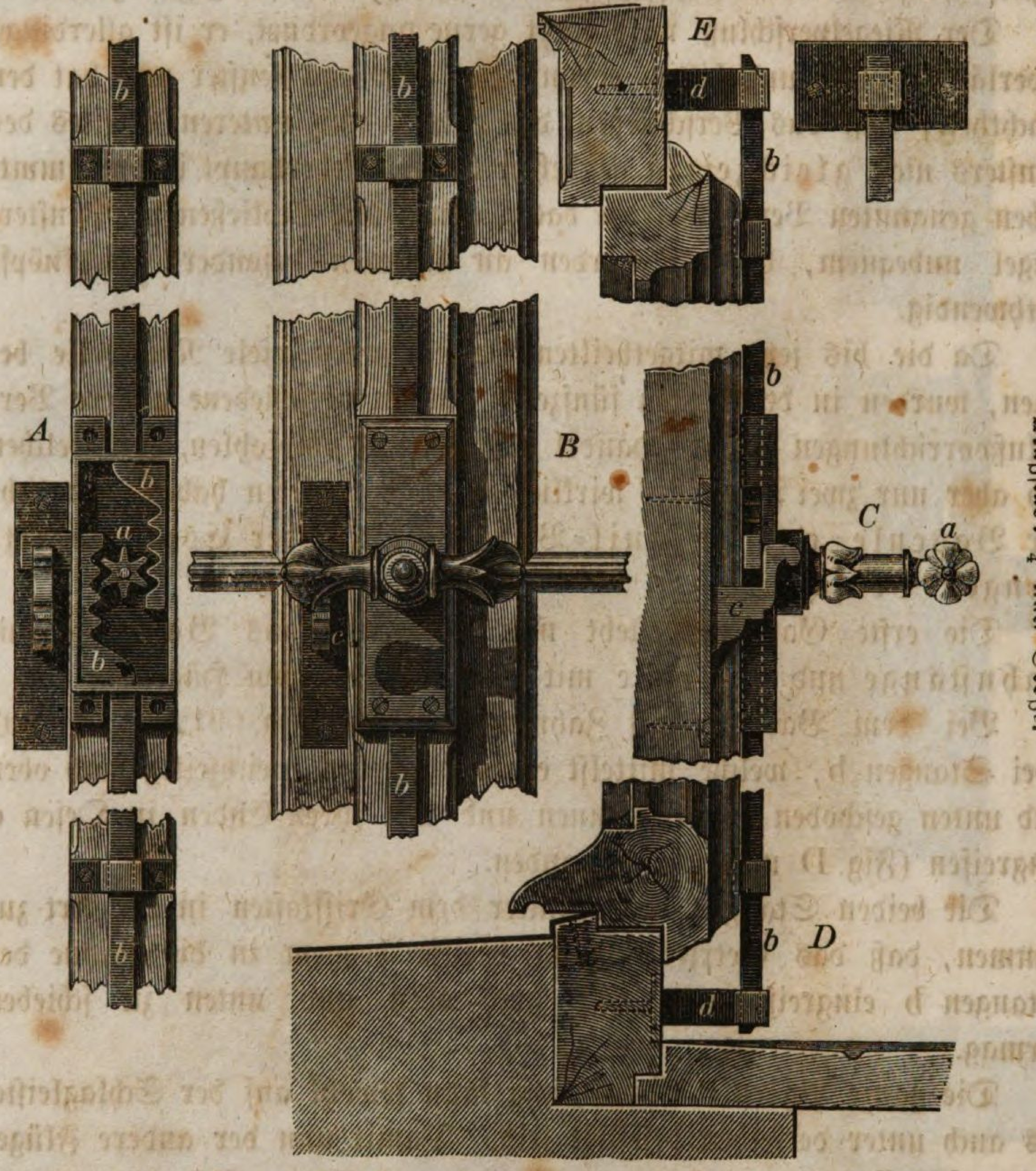
Bei dem Bascule mit Zahnstange (siehe Fig. 691 A—D) sind zwei Stangen b, welche mittelst eines Griffes a gleichzeitig nach oben und unten geschoben werden können und mit ihren Enden in Oesen d eingreifen (Fig. D und E), vorhanden.

Die beiden Stangen liegen unter dem Griffkasten in der Art zusammen, daß das Getriebe a am Griffe bequem in die Zähne der Stangen b eingreift und diese nach oben und unten zu schieben vermag.

Die ganze Bascule-Vorrichtung kann sowohl auf der Schlagleiste, als auch unter derselben befestigt sein. Damit nun der andere Flügel dicht geschlossen werden kann, greift ein, am oberen Ende der unteren Stange befindlicher Riegel in den Haken c. Letzterer ist am Rahmholze des andern Flügels angeschraubt, während die Oesen d—d am Loosholze und am Zargenholze oder am Lateibrette befestigt sind.

In Fig. 691 F—O sind die einzelnen Theile eines Bascule-Verschlusses mit verdeckter Zahnstange gegeben. Der Verschluß geschieht auch hier durch Umdrehen der Olive v (Fig. H und J) gleichzeitig an drei Stellen: oben, unten und in der Mitte der Fensterflügel, indem eine der zwei Stangen (Fig. F und G) nach oben, die andere nach unten, und eine Zunge z (Fig. H und J) seitwärts bewegt

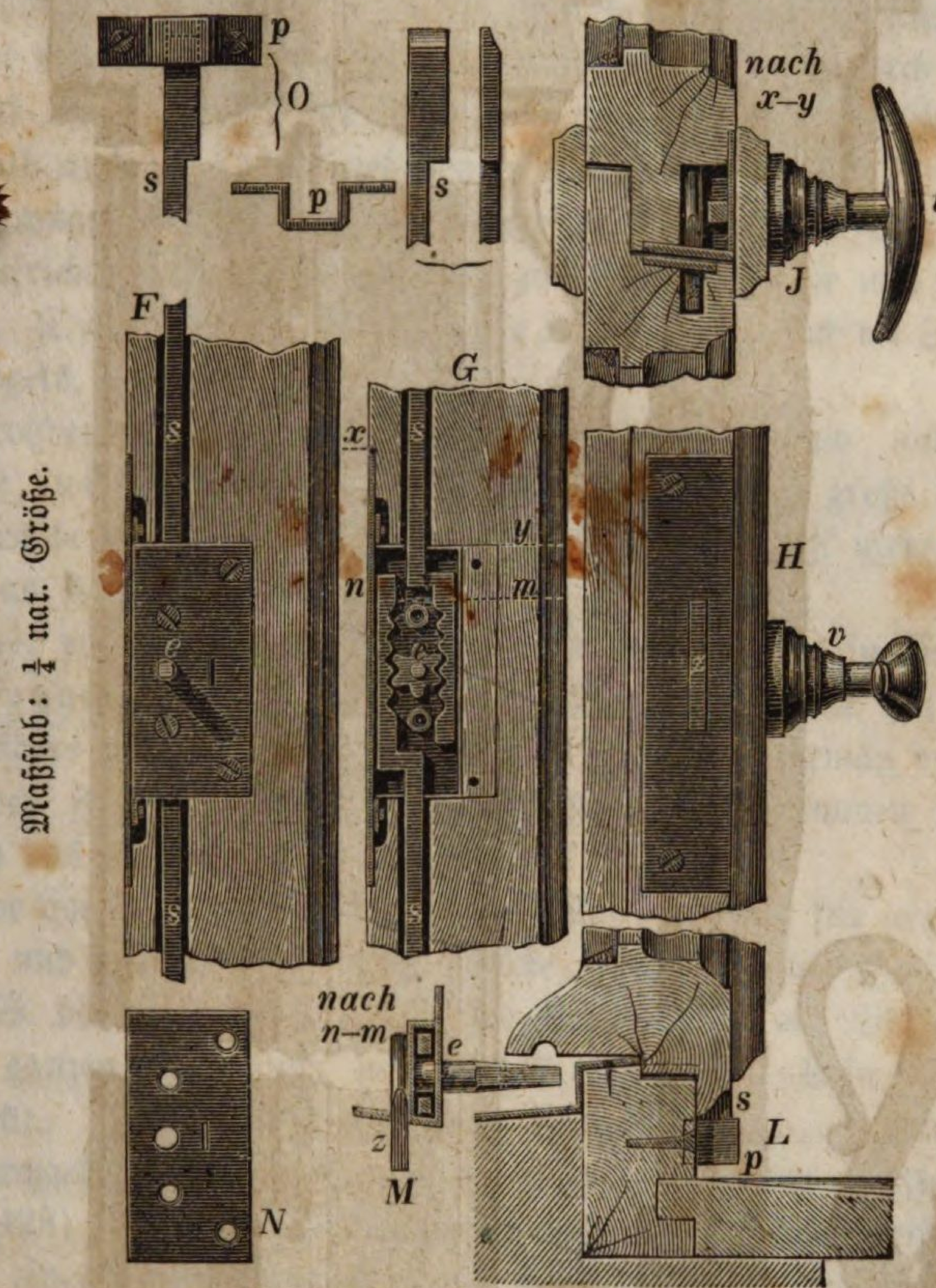
Fig. 691 F – O.



wird. Die Bascule-Stangen s greifen oben und unten hinter eine bezüglich auf den Fensterrahmen- oder das Fensterloosholz festgeschraubte eiserne Oese p (Fig. O u. L); die Olive bewegt sich in einer messingenen Buchse, deren viereckiger Theil entweder in die Schlagleiste eingelassen ist, oder sich auf einem in dieselbe eingelassenen und darauf festgeschraubten Eisenbleche befindet, welches alsdann mit der Fensterfarbe überstrichen wird. Die Olive wird auf einen Dorn e (Fig. F, G und H) gesteckt und mit demselben vernietet. An diesem Dorn befindet sich zugleich die Zunge z, welche durch Umdrehung der Olive in den andern Fensterflügel eingreift (Fig. M und J).

Die Uebelstände des Bascule-Verschlusses sind:

Fig. 691 F—O.



1. daß sich das Getriebe mittels des kleinen Hebels (Griffes) schwer bewegen läßt, und


2. daß das Getriebe ziemlich complicirt ist.

Die beiden genannten Uebelstände sind bei dem Bascule mit Schwengel (von Hügel) vermindert. Dieser Fensterverschluß ist auf Blatt 8 Fig. 4 in ganzer Anordnung und auf S. 432 Fig. A—C in Details gegeben.

Der Bascule von Hügel ist bedeutend einfacher und solider construirt wie der vorige; er besteht aus einer senkrechten Schiebestange und dem soliden Triebwerke.

Betrachten wir in Fig. 692 C auf Seite 432 das Triebwerk im Durchschnitte, so ersehen wir, daß der Schwengel a auf dem Stuhle d

Fig 692. Maßstab: $\frac{1}{4}$ nat. Größe.



befestigt ist und an seinem Drehpunkte ein Triebwerk e hat, welches in die Zahnstange b eingreift. Wird nun der Schwengel niedergedrückt, so dreht das Triebwerk die Zahnstange in die Höhe, wodurch also (siehe Fig. 692 A) die Enden der Stange b oberhalb aus der Gabel c und unterhalb aus der Oese f gehoben werden.

Demnach muß man beim Schließen des Fensters den Schwengel stets aufrichten, damit die Stangen wieder in die Oese und Gabel eingreifen. Die Fig. C und B geben die Seitenansicht und die Schnitte des Schwengels, der Oese ꝛc. an.

Trotzdem nun der Verschluß von Hügel einfach und praktisch erscheint, wird er nicht häufig angewendet, weil der große Schwengel, besonders bei schlechter Ausführung, vielfach von selbst niederfällt, und somit das Fenster öffnet.

Weit vortheilhafter als der Bascule-Verschluß ist in vielen Fällen der Espagnolettestangen-Verschluß, denn derselbe hat nicht nur eine solidere und einfachere Construction, sondern vermag auch die geschlossenen Flügel, vermöge einiger Haken, fest zusammen zu pressen, wodurch das ganze Fenster dichter wird.

Der Espagnolette-Verschluß eignet sich besonders für große, schwere Fenster und für solche Thüren, welche gleichzeitig als Fenster dienen, wie z. B. die Balkonthüren. Dieser Verschluß ist auf Blatt 8 Fig. 5 in der ganzen Anordnung und auf S. 428 von A—E in den Details dargestellt. Die ganze Vorrichtung ist sehr einfach, es wird nämlich eine durchgehende runde Stange an mehreren Stellen (s. Fig. E und D auf S. 428) von Hülsen umklammert und an der Schlagleiste befestigt, mittels eines Hebels kann man die Stange drehen, wobei ihre oberen und unteren hakenförmig gestalteten Enden beim Schließen des Fensters in einige Löcher oder Kapseln eingreifen, und beim Oeffnen dieselben wieder verlassen; der andere Flügel wird vom Hebel, welcher wie ein Ueberwurf in eine Oese fällt, gehalten.

Betrachten wir die Details auf S. 428 Fig. A—E, so zeigt a den Hebel, welcher an der Stange mittels eines Gelenkes b beweglich ist und aus dem Haken c gehoben werden kann. Die Stange kann man am Fenster y und den Haken c am Rahmholze des Fensters x befestigen. In Fig. B ist zu erkennen, wie das untere Stangenende mit einem Haken oder Schnabel in die Klaue eingreift; es wird manchmal auch am Rahmholze oder am Lateibrette eine Vertiefung, welche mit einem dünnen Bleche verdeckt wird, ausgehöhlt, damit der Schnabel

in die Oeffnung gelangen kann. Eine ähnliche Vorrichtung ist am Loosholze anzubringen. In unserem Beispiel ist jedoch eine Klaue angeordnet.

In Fig. D und E ist die am Rahmholze befestigte Führung dargestellt; diese kann entweder mittels eines Ringes Fig. E oder eines umgelegten Lappens (Fig. D) bewerkstelligt werden; erstere Art ist am besten.

Die Panele, Fußleisten, Fußböden- und Cassettendecken.

Unter dem Ausdruck „innerer Ausbau" versteht man nicht nur die Anordnungen der Fenster und Thüren, also solche Theile, welche die, vom Zimmermann und Maurer, rohgelassenen Wandöffnungen um- und verschließen, sondern es sind mit dieser Bezeichnung auch alle diejenigen Bautheile gedacht, welche die Balkenfelder bedecken und den zweckmäßigen Abschluß des Bodens, manchmal auch der Decke, mit der Wand bewirken. Hierher gehören demnach besonders die Fußböden, Fußleisten oder Scheuerleisten, Lambris, Panele (letztere lassen sich sogar bis zur gänzlichen Holzbekleidung der Wand erweitern) und schließlich die Cassettendecken.

Betrachten wir zuvor:

die Fußböden.

Zu den Fußböden werden Bretter, auch Dielen genannt, verwendet.

Die Bretter sind meistens 3—4 cm ($1^1/_4$—$1^1/_2$") stark, sie müssen gut ausgetrocknet und möglichst frei von Aesten, aus geradem Holze geschnitten und nicht windschief getrocknet sein. Bei fichtenen und eichenen Dielen ist besonders darauf zu achten, daß sie nicht zu viel Splint enthalten, welcher ohne bedeutenden Holzverlust nicht weggearbeitet werden kann.

Sehr ästige Dielen, aber nur solche, bei welchen die Aeste nicht herausfallen, sind dort mit Vortheil anzuwenden, wo sie beständig der Nässe ausgesetzt bleiben.

Die Dielen zu Fußböden werden entweder rauh oder gehobelt verwendet, außerdem aber noch an der einen Seite mit einer Nuthe, und an der anderen mit einer Feder versehen, welche beim Legen in die entsprechende Spundung der übrigen Bretter eingreifen.

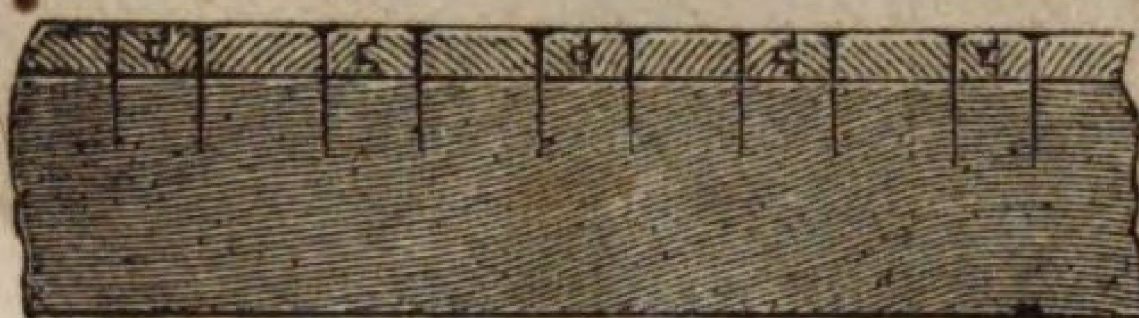
Die Spundung kann verschiedenartig sein, und man unterscheidet die halbgespundeten oder gefalzten (Fig. 693 a) von den ganzgespundeten Fußböden (Fig. 693 b).

Fig. 693 a.



Erstere Art wird bei dünnen Brettern, letztere hingegen bei dickeren, also bei den gewöhnlichen Zimmerfußböden ꝛc. angewendet. Die Fuß-

Fig. 693 b.



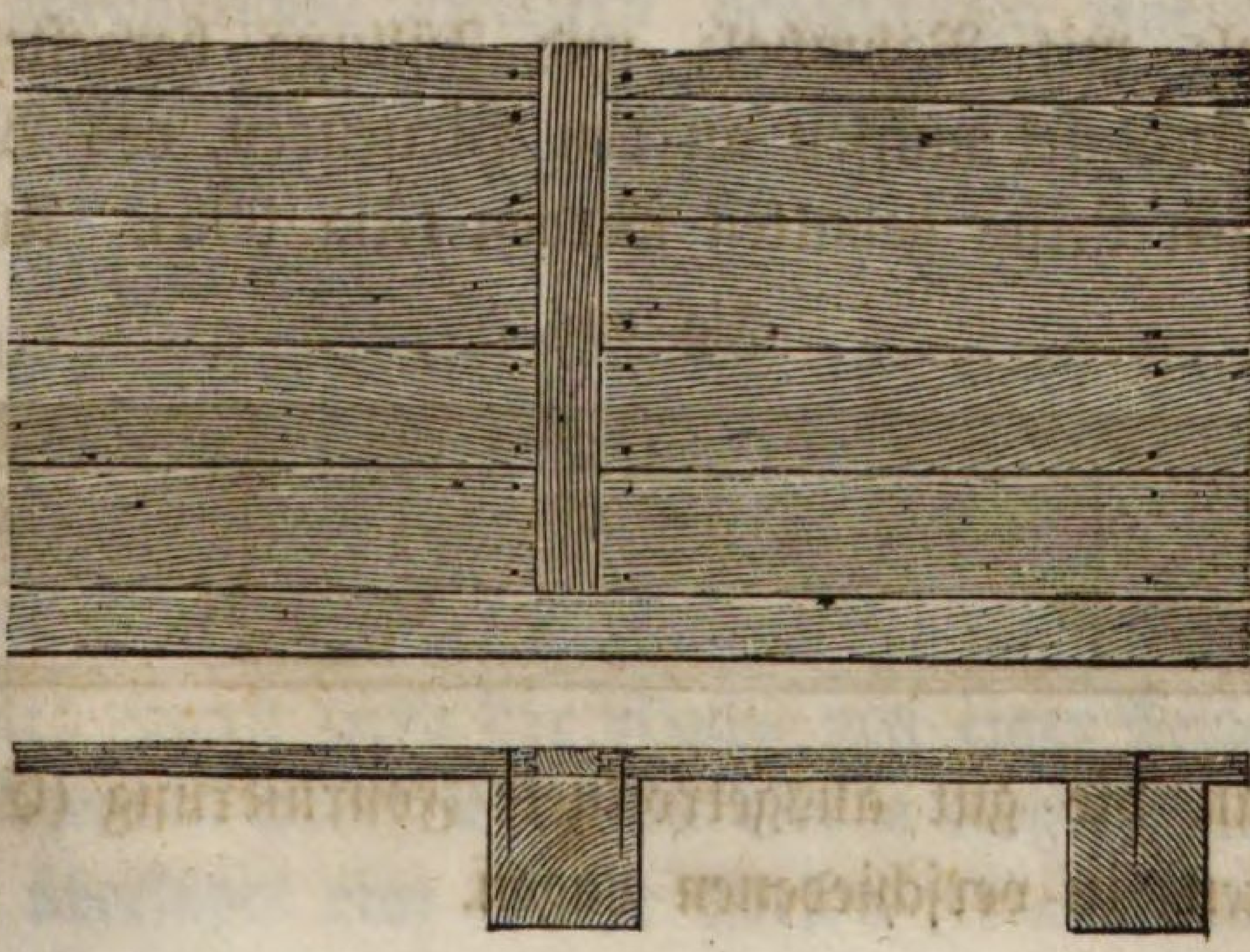
böden der Etagen werden stets gehobelt und gespundet, während die der Dachböden, welche nur zur Aufbewahrung der Sachen ꝛc. dienen, meistens rauh bleiben. In Fig. 693 c sind die Brettkanten nur gestrichen.

Fig. 693 c.



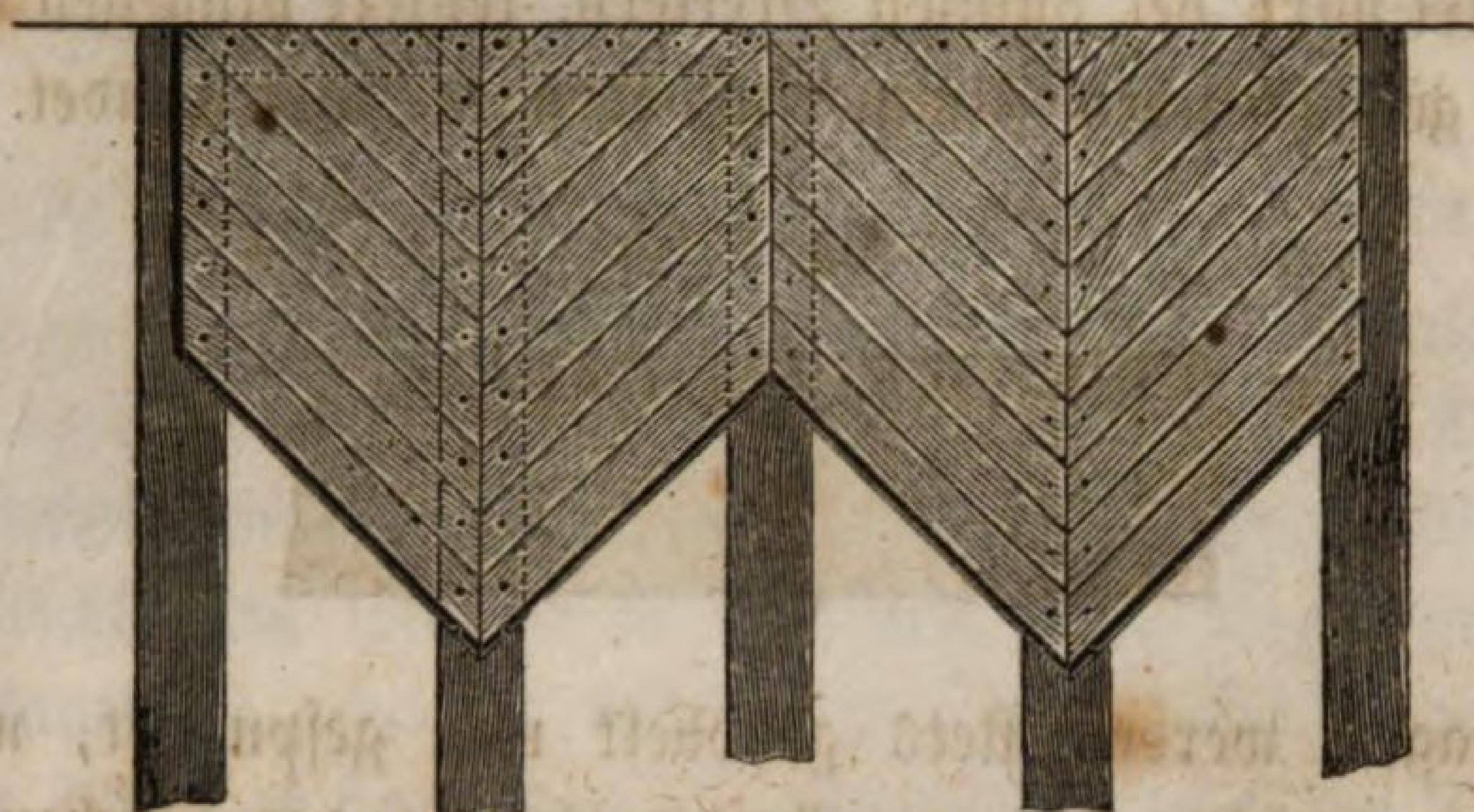
Die Befestigung der Fußbodendielen geschieht mittels Nägeln, deren Köpfe versenkt werden. Besser eingerichtete Zimmer erhalten noch eingelegte Bretter als Friese, welche man an den Seiten ringsherum führt und nach den Längen der Bretter, also in Abständen von 3—5 m (10—16′), auf die Balken nagelt (Fig. 694).

Fig. 694.



Eine andere Art Fußböden, welche in neuerer Zeit vielfach zur Verwendung gelangt, ist unter dem Namen **wiener Fußböden** bekannt (Fig. 695). Hierbei nagelt man kurze eichene oder tannene Bretter in einem Winkel von 45° auf die Balken oder Lagerhölzer, welche in ganz

Fig. 695.

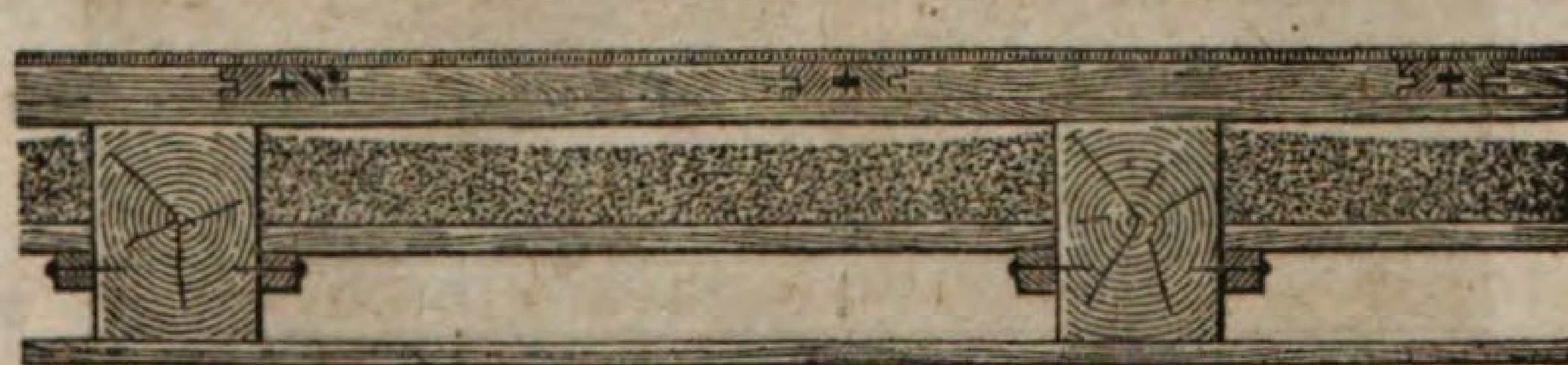


gleichen Entfernungen von Mitte zu Mitte liegen müssen; jedes Brett darf nicht breiter als 10—15 cm (4—6″) sein und wird ebenfalls mit Nuth und Feder versehen. Durch die verschiedenen Richtungen der Bretter, sowohl in der Mitte, als auch an den Seiten des Zimmers, können abwechselnde Muster entstehen.

In eleganteren Wohnhäusern werden die Fußböden mit Parquettafeln belegt. Die Herstellung derselben muß mit aller Sorgfalt geschehen, namentlich darf man nicht zu schnell ausgetrocknetes Holz verwenden, da sonst die fournierten Tafeln sich wellenförmig werfen und der ganze Fußboden unbrauchbar wird.

Jede Parquettafel besteht aus zwei Theilen: erstens aus der **Blindtafel**, und zweitens aus dem **Fournier**. Die Größe einer Tafel beträgt selten mehr als 0,4 □m (4 □′). Die **Blindtafel** wird aus Tannenholz mit Rahmholz und Füllung hergestellt, denn die Bretter der Blindtafel müssen an den Hirnenden, des Werfens wegen, von einer breiten Leiste gehalten werden (Fig. 696). Auf die Blindtafel

Fig. 696.



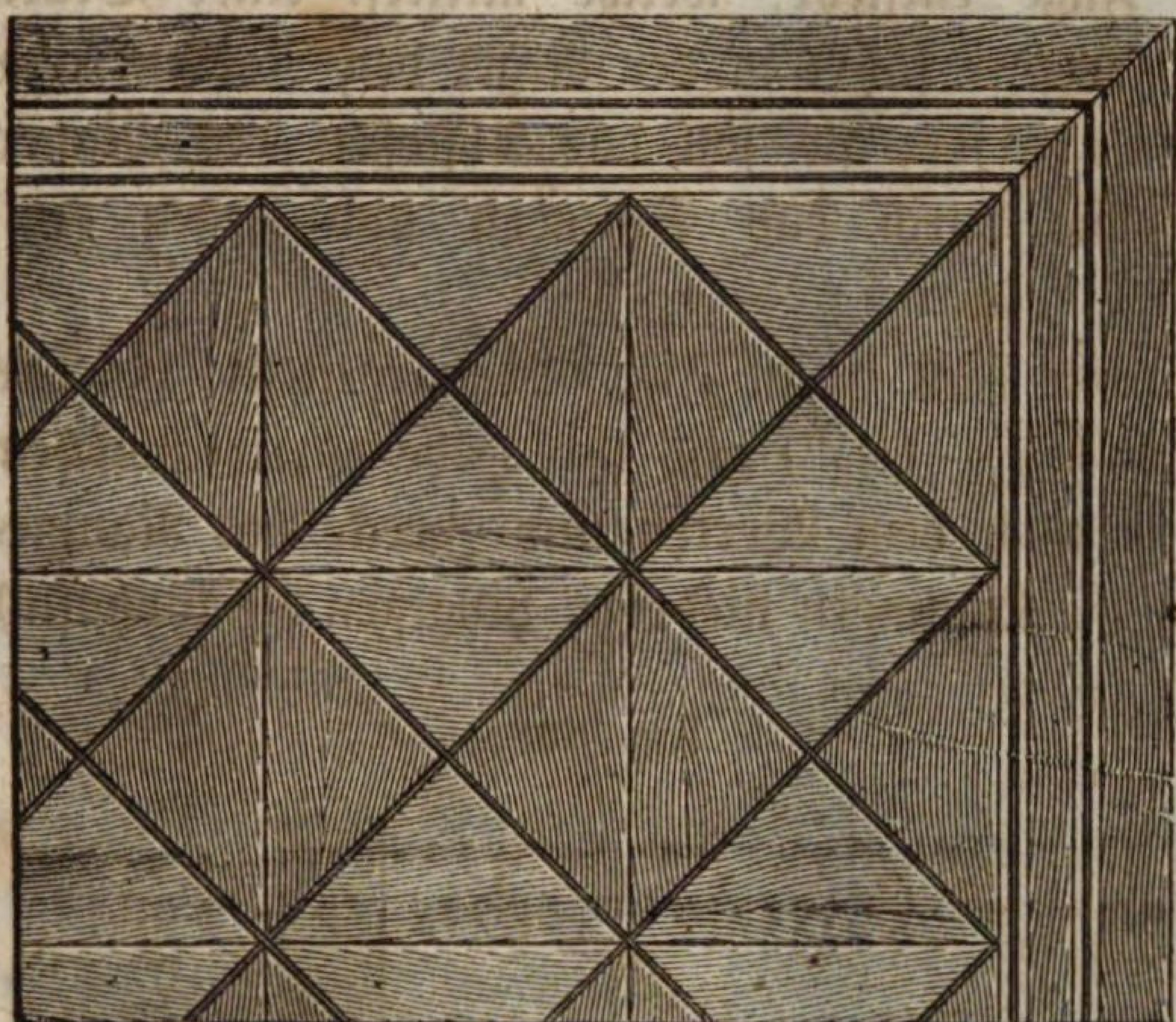
tafel leimt man die gut ausgetrocknete Fournierung (Eichenholz oder fremde Holzarten) in verschiedenen Lagen.

Das Verlegen des Parquetbodens geschieht auf einem **Blindboden**; derselbe muß vollständig horizontal liegen und aus gut ausgetrockneten Brettern bestehen.

Die einzelnen Parquettafeln werden nach dem vorgeschriebenen Muster auf dem Blindboden mit Nägeln oder Schrauben, welche in die Nuthen eindringen, befestigt und mit den andern Tafeln wiederum mit Federn, welche in der Richtung des Hirnholzes geschnitten sind, vereinigt. Manchmal kommt es auch vor, daß einige Techniker die Spundfedern in die Nuthen der Parquettafeln verleimen lassen.

Ein Beispiel eines Parquetbodenmusters mit Fries veranschaulicht Fig. 697.

Fig. 697.



Die aus gewöhnlichen Brettern hergestellten Fußböden erhalten entweder einen dreimaligen Oel- oder grauen resp. braunen Farbenanstrich, damit die Feuchtigkeit beim Reinigen des Bodens nicht so sehr in die Bretter dringen kann.

Die Fußböden aus edleren Holzarten, wie z. B. Parquetböden, bekommen keinen besonderen Farbenanstrich, sondern pflegt man sie in der Regel mit gebleichtem Wachse zu behandeln.

Beiläufig sei hier auch das Verfahren des Wachsens der Parquetböden mitgetheilt: Zuerst wird der Wachs von einer Person in geraden nebeneinander liegenden Streifen in den Boden eingerieben, geschah dies gleichförmig, so überfährt eine andere Person die eingeriebenen Stellen

mit einer Pfanne voll glühender Kohlen, die so construirt ist, daß ihre Unterfläche den Boden nicht berühren kann.

Während der Wachs noch von der Hitze flüssig ist, überreibt die erste Person den so überfahrenen Ort mit einem wollenen Tuche und fährt damit so lange fort, bis der Fußboden den Wachs gleichförmig angenommen hat. Alsdann wird die Fläche sogleich, vermöge des Reibens mit einer nicht allzusteifen Bürste, die mit dem Fuße bewegt wird, gebohnt und schließlich nochmals mit einem Wollentuche überwichst.

Die Fußleisten oder Scheuerleisten, Panele und Wandbekleidung.

Die Fußbodenbretter und Friese stoßen stumpf gegen den Wandputz, wodurch eine Fuge entsteht, welche mittelst einer Deckleiste verdeckt werden muß. Letztere führt in der Regel den Namen Scheuerleiste oder Fußbodenleiste; sie soll das Abstoßen des Mauerputzes durch Stühle ꝛc., sowie durch das Scheuern und Fegen des Fußbodens, verhindern.

Der einfachste Fall ist in Fig. 698 dargestellt; die Dicke der Leiste beträgt 3—4^{cm} ($1\frac{1}{4}'$—$1\frac{1}{2}''$) und ihre Höhe variirt zwischen $6\frac{1}{2}$—15^{cm} ($2\frac{1}{2}$—$6''$), je nach dem Werthe und Zwecke des Raumes; beispielsweise erhalten die Kammern niedrige, hingegen die Wohnstuben, Säle ꝛc.

Fig. 698.



höhere Fußleisten. Häufig kommt es aber auch vor, daß die Wände bis zur Fensterhöhe mit einer Bekleidung, welche den Namen Panel oder Lambris führt (Fig. 699), versehen sind.

Das Panel besteht aus einem Sockel, welcher gleichzeitig Scheuerleiste bildet, aus Rahmhölzern und Füllungen (wie bei den Thüren gezeigt wurde) und aus einer entsprechenden Bekrönung. In der Regel wählt man Tannenholz für die Lambris und übermalt dieses holzartig;

häufig aber verwendet man auch Eichenholz und fremdländische Holzarten, welche entweder geschliffen und geölt, oder auch polirt werden.

In derselben Weise, wie die Lambris, lassen sich auch ganz getäfelte Wände herstellen; diese bekommen alsdann ebenfalls Füllungen

Fig. 699.

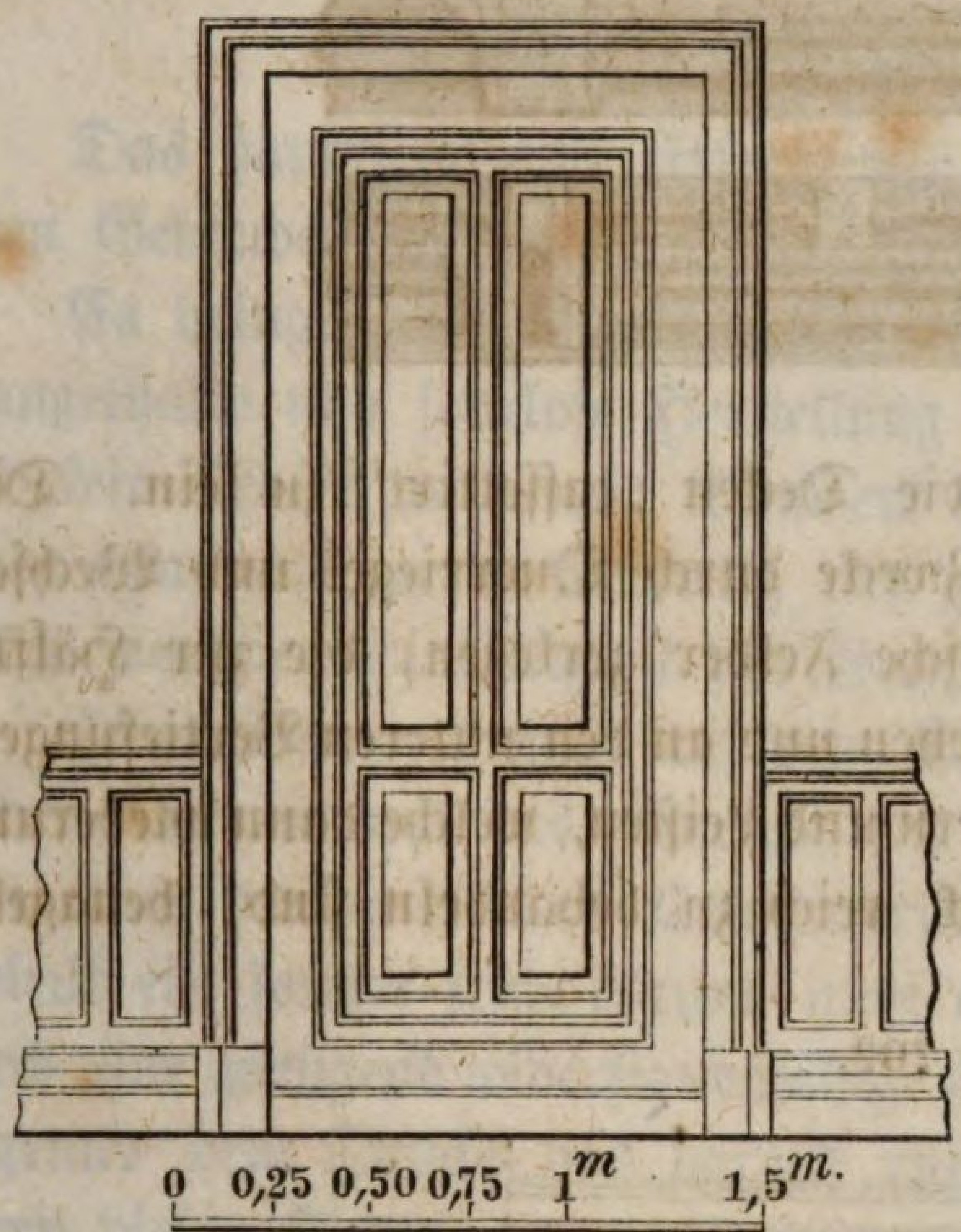
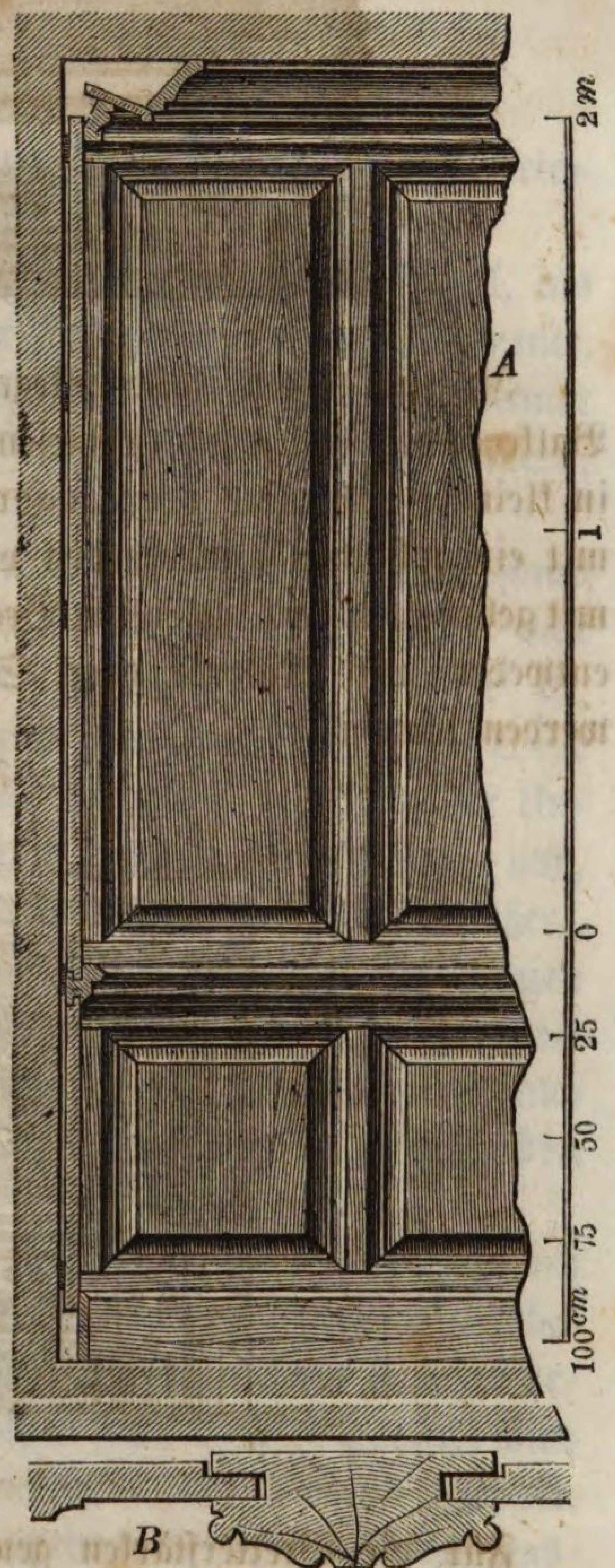


Fig. 700.



und Rahmhölzer, deren Kanten entweder abgefast, oder auch mit aufgeleimten Kehlungen versehen werden. Ein einfaches Beispiel einer solchen Täfelung veranschaulicht Fig. 700, hierbei sind die einzelnen Theile an eingemauerten, vorstehenden Mauerklötzen befestigt.

Zum Schlusse folge hier noch eine Construction der

Casettendecken.

Wir haben in der Abtheilung II. Zimmerconstruction schon erwähnt, daß die Balkenfelder mit Schutt ꝛc. oder Lehm ausgefüllt werden, wonach dann die Decke meistens verschaalt, berohrt und beputzt wird. Es

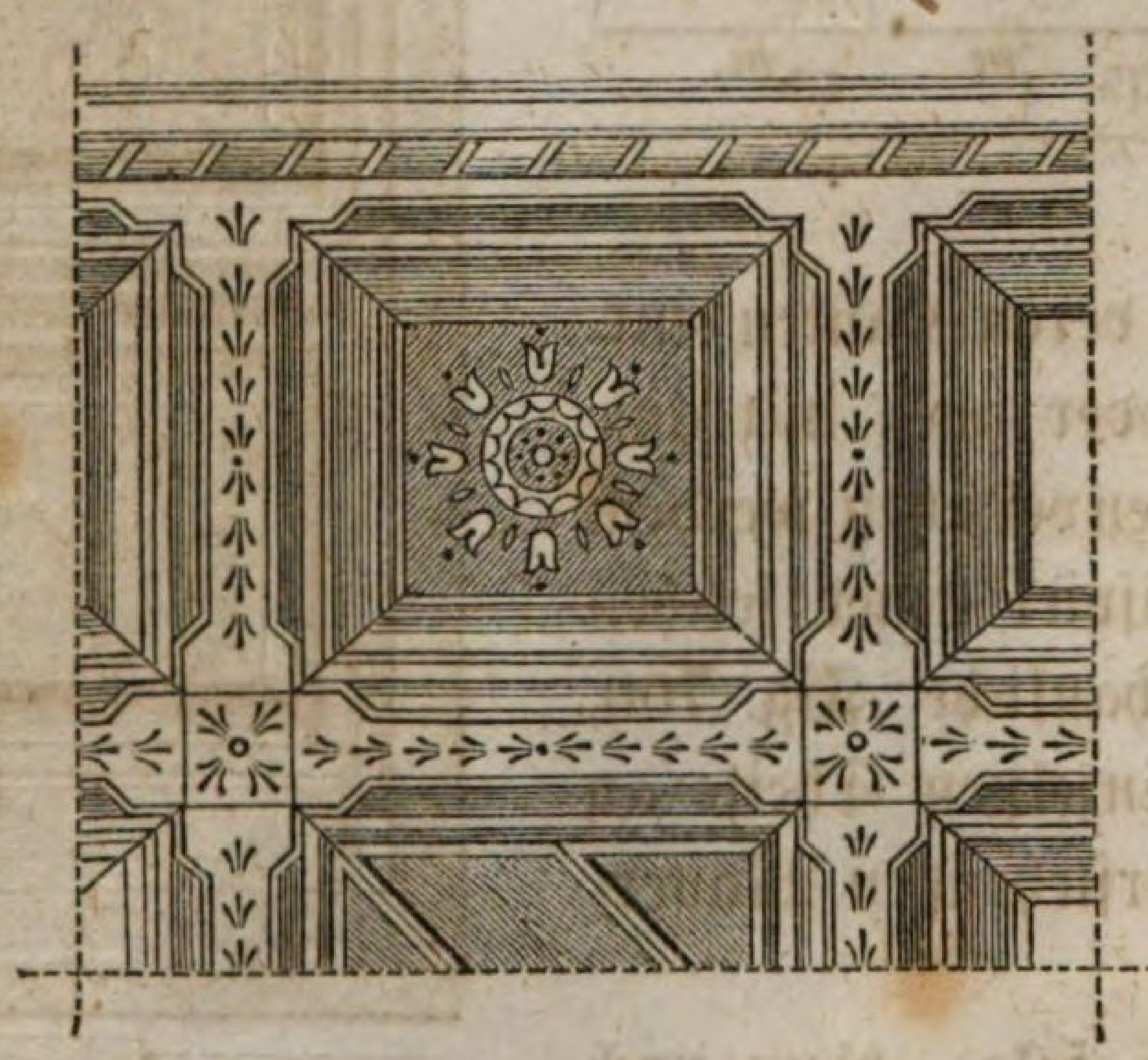
können jedoch auch Fälle vorkommen, daß die Ausfüllung ganz oder theilweise wegbleibt, sei es aus Sparsamkeitsrücksichten, oder der geringen Zimmerhöhe wegen, oder zur Verschönerung und Bereicherung der Decke.

Fig. 701.



In dem letzten Falle pflegen die Decken „cassettirt" zu sein. Die Balkenfelder lassen sich zu diesem Zwecke durch Querriegel und Wechsel in kleinere rechteckige oder quadratische Felder zerlegen, die zur Hälfte mit einem halben Windelboden versehen und an den unteren Vertiefungen mit gehobelten und gekehlten Brettern und Leisten, welche dann wiederum entweder mit Malerei oder Stuck reich zu behandeln sind, benagelt werden können.

Fig. 702.



Für die Bretterstärken genügen 2—4 cm ($^3/_4$—$1^1/_4$"). Um das Gesagte verständlicher zu machen, verweisen wir auf Fig. 701, während die Fig. 702 die decorative Anordnung eines Cassettenfeldes vergegenwärtigt.

VII. Abtheilung.

Die Fundirungen.*)

Das hauptsächlichste Erforderniß eines jeden für die Dauer errichteten Gebäudes ist unstreitig eine gute Grundlage (Fundament).

Es bringt nichts einen Bau so leicht und schnell zum Verfall, als mangelhafte und sorglose Herstellung der Erdarbeiten und Fundamente, und kein Fehler an einem Bauwerk macht auf Kenner und Nichtkenner einen unangenehmeren Eindruck, als gerissene und zersprungene Mauern, welche von der Hinfälligkeit des Ganzen zeugen.

Jedes Bauwerk muß auf dem Boden einen genügenden Widerstand finden, der einmal das Gewicht des Gebäudes, dann die fremde Last und etwa vorkommenden Erschütterungen aufzuheben im Stande ist. Sobald ein solcher fester Grund nicht erreicht, oder auf künstlichem Wege durch eine genügend widerstandsfähige Fläche hergestellt ist, wird der Untergrund dem Drucke des darauf ruhenden Gebäudes nachgeben, und, sofern dieses Setzen an verschiedenen Orten sich ungleichmäßig äußert, nachtheilige Trennungen herbeiführen, sowie den Bestand des ganzen Bauwerkes gefährden. Eine geringe Zusammendrückung wird zwar bei jeder Bodenart, mit Ausnahme des Felsens, stattfinden und ist auch erstere nie von Nachtheil, sobald die Senkung nur gleichmäßig eintritt.

Im Allgemeinen ist daher darauf zu sehen, daß die Vertheilung des Druckes eine gleichmäßige sei, weshalb hiernach schwere Gebäudetheile bei homogenem Boden eine größere Fundamentfläche als leichtere erfordern, wenn das Senken gleichmäßig erfolgen soll; dieselbe Vorsicht wird eingehalten werden müssen, sobald die Dichtigkeit des Bodens wechselt. Außer diesen Rücksichten, welche im Allgemeinen bei allen Gründungsarten zu beachten sind, ist noch zu bemerken, daß die Fundamentsohle nicht

*) Im Nachstehenden sollen nur die Ausführungen der wichtigsten Fundirungsarten durch ausgeführte Beispiele vorgeführt werden. Ueber Rammen, Fangedämme ꝛc. ist im Promnitz: „der praktische Zimmermann" sehr ausführlich berichtet.

durch äußere Kräfte beeinflußt werden darf, wohin namentlich die Einwirkungen welche Quellen und fließendes Wasser auf das umgebende Terrain ausüben, gehören.

Die Modificationen der verschiedenen Gründungsarten können dadurch eintreten, daß der feste Boden in der Nähe der Oberfläche oder erst in größerer Tiefe oder auch gar nicht erreicht wird. Ehe wir nun zu den Fundirungsarten übergehen, betrachten wir zunächst

Die verschiedenen Bodenarten.*)

1. Der Felsboden. Den besten Baugrund bietet der Felsboden, sobald er die genügende Mächtigkeit besitzt und man überzeugt sein kann, daß er hinreichend unterstützt und vor einem Unterspülen durch Quellen, besonders bei geneigter Lagerung, geschützt ist. Unsicher wird die Unterstützung, sobald die genannten Umstände nicht stattfinden oder das Gestein stark der Verwitterung ausgesetzt liegt. Falls der Felsen ca. 1—1,5^{m} (3—5′) tief mit Erde bedeckt ist, bedarf es nur des Ausgrabens derselben, und des Rauhmachens der horizontalen Oberfläche, um das Mauerwerk mit dem Felsen mittels Mörtel gehörig verbinden zu können. Im Uebrigen ist eine genügend unterstützte, zusammenhängende Felsbank von ca. 3^{m} (10′) Mächtigkeit für die schwersten Gebäude ausreichend.

2. Sandgrund. Dieser besteht entweder:

a) aus grobem, kiesigem oder steinigem Sande, der bei genugsamer Ausdehnung und Tiefe einen sehr guten Baugrund abgiebt, und nur dann ein tiefes Ausgraben zur Folge hat, wenn die Kiesel zu groß ausfallen und mit keinem festen Erdreich umgeben sind, so daß, besonders bei heftigen Inundationen in der Nähe großer Ströme, die Tragbarkeit sehr vermindert wird. Bei einer guten Art groben Sandes erfordert dieser Grund nur ca. 1^{m} (3′) tiefe Fundamentmauern, bei einer gemischten Art aber ein stark bossirtes oder abgesetztes Banket, dessen unterer Theil aus großen Steinen bestehen muß.

b) aus kleinkörnigem Sande. (Triebsand, Flugsand.)

Dieser Grund vermag, bei einer gleichförmigen Ausdehnung, besonders wenn er nicht zu flach, sondern mächtig steht, oder wenn ihn die Fundamente nicht zu tief durchschneiden, schwere Gebäude zu tragen.

*) Ueber die Untersuchung des Bodens geben Promnitz: „der praktische Zimmermann" und Menzel: „der praktische Maurer" Aufschluß.

Wird er aber vom jährlichen Steigen und Fallen des Wassers unterwaschen, oder hat er zu wenig Tiefe, oder wechselt er gar mit leicht bewegbaren Erdarten ab, dann wird der Grundbau stets kostspielig, weil das Ausgraben bis auf den dichteren zusammenhängenden Boden stattfinden muß und vielfach auch Schwell- und Pfahlrost rc. zur Verwendung gelangen.

Die Arbeiten in dieser Erdart müssen, des Nachschießens wegen, mit größter Vorsicht und Sorgfalt (Absteifen der Fundamentgräben) geschehen. Die Widerstandsfähigkeit aller Sandarten wird durch die große Reibung, welche die einzelnen Körnchen auf einander ausüben, verursacht. Am sichersten wird deshalb ein reiner, scharfer und festgelagerter feuchter Sand sein, der sich fast unzusammendrückbar ausweist. Wenn nun eine fremde Last auf einen solchen wenig comprimirbaren Boden gelangt, so kann ein Tiefersinken derselben nur dadurch eintreten, daß die unter der Sohle des Fundaments seitwärts fortgeschobenen Sandkörnchen gegen andere treffen und dieser Vorgang sich successive so lange weiterfortsetzt, bis neben dem Fundamente der Boden in die Höhe quillt. Setzt man aber einen solchen Vorgang voraus, so wird der Widerstand des Bodens einerseits direct der Reibung, welche die Sandkörnchen unter sich und mit den Seitenwänden des Fundaments erfahren, und dem Drucke proportionirt sein, anderseits aber in directem Verhältniß mit der Grundfläche zunehmen; (der Druck steht jedoch nach der Theorie des Erddruckes mit dem Quadrate der Höhe, von der Sohle des Fundamentes bis zur Oberfläche, in directem Verhältniß und es begründet sich daher die Regel, daß der Widerstand unzusammenpreßbarer Erdarten, deren Theilchen eine sehr starke Reibung auf einander üben, mit dem Quadrate der Tiefe der Einsenkung der Fundamentsohle wächst.)

3. Thon, Letten und Mergelgrund.

Diese Baugründe sind selten in großer Ausdehnung, sondern meistentheils nur in Adern oder dünnen Lagen, die bald mit andern Erdarten abwechseln, oder unter denen gewöhnlich lockerer mit Wasser vermischter Sand liegt, anzutreffen. Sobald diese Lagen nicht mächtig stehen, ist es rathsam, bis zum bessern Grunde durchzugraben.

4. Lehmgrund. Man findet ihn häufig tiefstehend, auch läßt er, sobald er immer trocken bleibt, die Gründung der größten Gebäude zu.

Bei Thon, Lehm und allen ähnlichen Erdarten, deren Theilchen nicht nur eine Reibung aufeinander ausüben, sondern auch einen gewissen Zusammenhang durch Kleben zeigen, tritt zunächst, in Folge einer aufgebrachten Last, nicht unmittelbar ein Vorschieben einzelner Theilchen über andere weg ein, sondern es muß eben durch jenen Zusammenhang erst eine größere Masse in Bewegung gesetzt werden, wodurch anfänglich, bis die Trägheit der Masse überwunden und so allmählig der Gleichgewichtszustand hergestellt ist, ein bedeutender Widerstand geleistet wird.

In allen Fällen, wo die festen Bodenarten der Unterspülung ausgesetzt sind, ist die größte Vorsicht nöthig. Der Thon insbesondere widersteht zwar, sofern er trocken oder ziemlich ausgetrocknet ist, einem starken Drucke, auch verhindert er festgelagert und gestampft das Eindringen des Wassers, ebenso in natürlicher Ablagerung das Durchdringen von Quellen; da aber, wo er in steter Berührung mit Wasser bleibt, wird er stark durchweicht, giebt unter der aufgebrachten Last nach und ist kein guter Baugrund. Ganz ähnlich verhalten sich die verschiedenen Lehmarten, als Mischungen von Sand und Thon.

5. Garten- oder Ackererde. (Dammerde.)

Diese durch die Kultur des Bodens aufgelockerte Erde, welche viele salinische Theile enthält, ist unfähig selbst die leichtesten Gebäude zu tragen; sie muß daher bis zum festen, gewachsenen Boden ausgegraben werden.

6. Sumpf-, Moor- und Torfgrund.

Orte, die solchen Baugrund haben, müssen zur Aufführung der Gebäude soviel wie möglich vermieden werden, da sie künstliche und kostbare Fundirungsanlagen erfordern.

Zu diesem Baugrund gehört:

a) der Sumpf oder Schlamm, welcher nur 1—2 m ($3^1/_4$—$6^1/_2$ ') mächtig und unter welchem ein fester Baugrund befindlich ist. Es ist hierbei nur nöthig, das Bauwerk bis auf den festen Baugrund zu setzen; in der Regel aber wird durch Ausschöpfen des Wassers und Herstellung von Fangedämmen die Anlage dennoch kostspielig.

b) Der Sumpf oder Schlamm, der in nicht zu großer Tiefe noch eine Lage Letten 2c. bei sich führt.

Steht dieser Letten in ziemlicher Dichtigkeit und Mächtigkeit, so kann hierauf ein liegender Rost (Schwellrost) oder eine Betonschicht gelegt werden; in entgegengesetztem Falle ist der Letten auszuschachten,

eine tiefer liegende tragbare Schicht aufzusuchen und hierauf das Gebäude mittels Pfahlrost, Senkkasten &c. zu fundiren.

c) Der Sumpf oder Morast von 5—7ᵐ (16—22′) Tiefe, der aber dennoch in dieser Tiefe einen festen Boden hat.

Kann man den Sumpf zugleich wegschaffen (durch Schöpfmaschinen und Baggern), so ist die Gründung des Fundaments auf festem Boden sehr anzurathen. Setzt man aber nach localer Besichtigung voraus, daß die zuströmende Wassermenge nicht zu bewältigen ist, oder daß das Ausschöpfen zu viele Kosten verursachen würde, so bedient man sich entweder des Pfahlrostes oder der hölzernen, steinernen oder eisernen Senkbrunnen (wie weiter unten beschrieben wird).

Bei allen Holzfundirungen (Pfahl- oder Schwellrost) ist stets darauf zu achten, daß der niedrigste Grundwasserstand noch mindestens ca. 0,30ᵐ (1′) über den Holztheilen bleibe.

d) Der Moor und Torfgrund.

Beide Gründe bilden eine eigene Art Erde, die von gänzlich verfaulten Vegetabilien mit darunter gemischtem Sand, Schlamm, Schlick oder Letten entstanden ist. Falls der Torf 3—4ᵐ (12′) stark ist und sich unter demselben ein fester Grund vorfindet, so kann man ihn bis zum niedrigsten Grundwasserstand ausschachten und hierauf einen Schwellrost, eine Sand- oder Betonfundirung anordnen, welche dem ganzen Gebäude eine völlig zusammenhängende Unterstützung verschafft und nirgends ein ungleichmäßiges Setzen der Fundamentmauer zuläßt. Doch wird hierbei nur eine mittelmäßige Last und ein nicht zu loser und nachgebender Grund vorausgesetzt, wie die Beispiele später noch näher erklären.

Besteht die Moor- oder Torferde aus zu gemischten Theilen, so taugen beide nicht zu einem guten Baugrunde, sondern müssen völlig bis auf den festen, nicht nachgebenden Grund ausgegraben werden, oder auch solche Vorrichtungen zur Anwendung kommen, wie ad. C. angegeben sind.

Die zuletzt mitgetheilten, den Flüssigkeiten gewissermaßen zu vergleichenden Erdarten werden in ihrem Verhalten bei aufgebrachten Lasten den unter gleichen Verhältnissen bei Sand stattfindenden Gesetzen analog sein, sofern diese Last gering ist und die Reibung ein Uebergewicht erhält, d. h. die Dichtigkeit der Erdart eine größere ist. Sie werden dagegen mehr den hydrostatischen Principien Genüge leisten, sofern die Last bedeutender wird und durch die Einsenkung der hydro-

statische Druck in Verbindung mit der Reibung das Gegengewicht herstellt.

Das letztere geschieht um so mehr, als sich der Boden den „schwimmenden" Erdarten nähert, so daß also die Einsenkung so tief sein wird, bis das Gewicht des verdrängten Erdkörpers gleich dem des Bauwerks ist.

7. Baugrund von ausgefüllten Erd- und Steinarten.

Er findet sich häufig in Städten, auf Brandstellen oder ehemaligen Festungswerken und Stadtgräben vor, wo man die Vertiefungen nach und nach mit Bauschutt, Erde ꝛc. auszufüllen pflegt. Ein solcher Grund ist zum Bauen untauglich, weil diese Ausfüllungen, wenn sie auch fast undenkliche Zeiten gelegen haben, doch nicht lagenweise, sondern unordentlich durcheinander, d. h. bald fest, bald locker, anzutreffen sind und daher durch eine darauf gesetzte Last doch immer noch ungleich zusammengedrückt würden. Höchstens dürfen leichte, hölzerne, einstöckige Gebäude auf solchem Grunde erbaut werden, wenn man sich überzeugt hat, daß die Baugrube seit langen Zeiten ausgefüllt und die Ausfüllung ziemlich zusammengedrückt ist. Bei massiven Gebäuden müssen hingegen die Fundamente auf den gewachsenen Boden oder die tragbare Erdschicht gesetzt werden.

Nachdem nun die verschiedenen Bodenarten kurze Erwähnung gefunden haben, lassen wir

Die Fundirungsarten

folgen. Im Allgemeinen können wir die Fundirungsarten in 2 Hauptabtheilungen zerlegen, nämlich:

I. Fundirung ohne künstliche Grundbauten (natürliche Fundirung);
II. Fundirung mit künstlichen Grundbauten (künstliche Fundirung).

I. Fundirung ohne künstliche Grundarbeiten.

a) Fundirung auf Felsboden.

Höchst selten wird das Fundament direct auf der Oberfläche begonnen, nur bei einigen Felsarten, Granit, Syenit ꝛc., die keiner Verwitterung unterliegen, würde das Verfahren zu rechtfertigen sein, die Oberfläche nur abzuräumen, etwas lagerhaft vorzurichten und direct als Fundament des Mauerwerks zu benutzen. Bei allen andern Felsarten, besonders bei Thonschiefer, Gyps ꝛc. und den gewöhnlichen Bodenarten ist die Vorsicht nöthig, einerseits sowohl mit den Fundamenten so tief

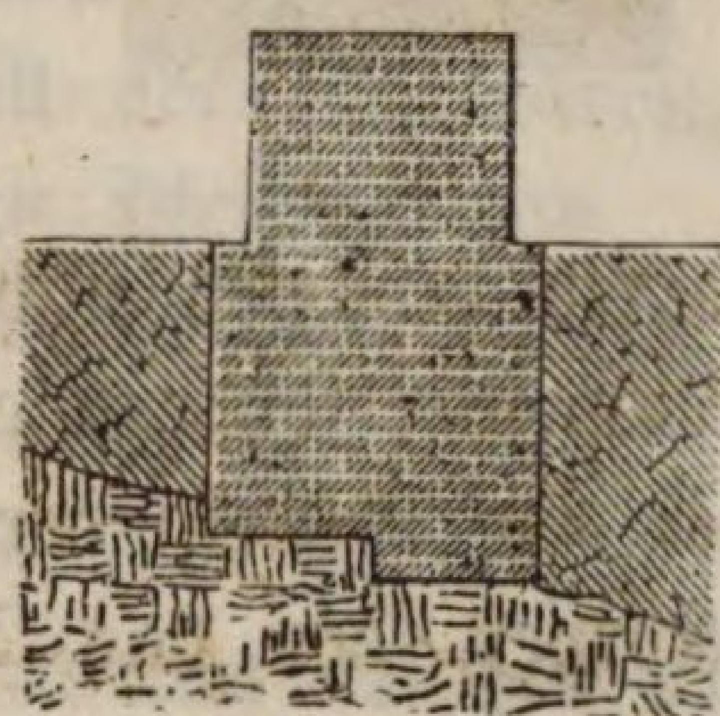
herabzugehen als Frost und Verwitterung eindringen könnten, andererseits aber den vorher zu beachtenden Umstand einer sorgfältigen Berücksichtigung zu unterziehen, ob nicht Quellenbildung und fließendes Wasser nachtheilig einzuwirken vermögen. Endlich erfordern besonders die geschichteten Felsarten eine genaue Untersuchung, ob nicht Adern von Thonschichten ꝛc. erstere an der Oberfläche durchsetzen.

In allen Fällen ist bei Felsen mit der Ausführung des Mauerwerks direct auf der bis zur gehörigen Tiefe ausgebrochenen und abgetreppten Fläche zu beginnen und zwar in der Art, daß die ersten Schichten unmittelbar in ein auf der rauhen Fläche ausgebreitetes Mörtelbett oder auf eine aufgebrachte schwache Betonschüttung gesetzt werden.

Höhlungen und Klüfte pflegt man dann auszumauern, auszugießen oder durch Gewölbe zu überspannen.

Selbst bedeutendere Abtreppungen, bei geneigtem Terrain, werden bei einem festen Gestein nicht nachtheilig, sondern sogar des schwierigen Sprengens wegen, nothwendig sein. (Figur 703.)

Fig. 703.



b) Fundirung auf fester Bodenart.

Bei den festen Erdarten wird ein nachtheiliges Senken der Gebäude nicht zu befürchten sein, wenn man zunächst bis zu einer Tiefe herabgeht, in welcher ein Eindringen des Frostes und das damit verbundene Auflockern des Bodens nicht mehr eintritt. Als Maß dieser Tiefe gilt für unsere Verhältnisse ein Maximum von 1—1,5 m ($3^1/_2$—5′), welches insbesondere für wichtige Bauwerke einzuhalten ist. Für untergeordnete Seitengebäude und Einfriedigungsmauern ꝛc. dagegen kann eine Tiefe von 0,7—0,9 m ($2^1/_2$—3′) als genügend angesehen werden.

Ferner wird sich die Tiefe und Breite der Fundamente nach dem Gewichte des aufzuführenden Gebäudes zu richten haben.*)

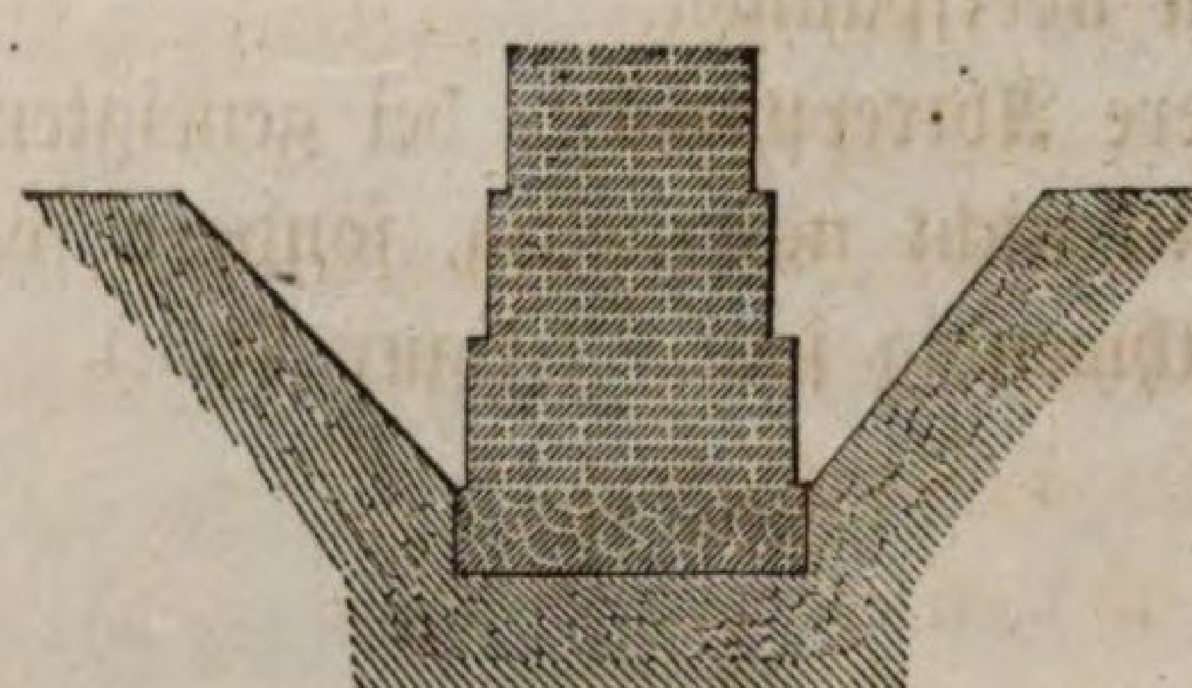
*) Weiteres hierüber siehe I. Abtheilung: „Mauerconstructionen."

c) Fundirung auf verdichtetem Boden.

Eine größere Tragfähigkeit des Bodens läßt sich noch durch die Verdichtung erreichen. Eine solche Compression wird durch aufgebrachte Lasten hervorgebracht, was jedoch nicht von besonderem Erfolge ist; wirksamer zeigt es sich, hochkantige Steine über einander reihenweise in der ganzen Ausdehnung der Baugrube einzutreiben oder kleine Pfähle, sogenannte Füllpfähle, welche jedoch, wenn die Dauer gesichert sein soll, unter Wasser bleiben müssen, einzurammen.

Diesen Mitteln analog wirkt auch das Einrammen mehrerer Lagen von Steinschutt übereinander. (Figur 704).

Fig. 704.



Alle diese Verfahrungsarten bewirken nicht allein eine Verdichtung unmittelbar unter dem Fundamente, sondern auch in der ganzen Umgebung, so daß, ähnlich wie bei den Mitteln der Verbreiterung der Fundamentsohle, ein größerer Körper, der das Tiefersinken verhütet, im Ganzen trägt.

II. Die Fundirung mit künstlichem Grundbau.

Die Untersuchungen des Bodens werden im Allgemeinen folgende Beschaffenheiten nachweisen:

a) Der feste Grund liegt entweder unmittelbar oder nur in mäßiger Tiefe ca. 3 m (10 ′) unter der Oberfläche,

b) der feste Grund findet sich erst in bedeutender Tiefe vor, kann aber durch angemessene Mittel erreicht werden und

c) es ist ausschließlich ein preßbarer Boden von bedeutender Mächtigkeit vorhanden.

Nach diesen drei Verhältnissen wird sich offenbar die Art der zu wählenden Fundirung zu richten haben, wobei jedoch noch zu berücksichtigen ist, ob man mit Wasser zu thun hat oder nicht, und ob in erste-

rem Falle dasselbe, nach Anwendung der geeigneten Umschließungen, durch Schöpfen entfernt werden kann, oder ob die Bodenbeschaffenheit ein solches Schöpfen nicht erlaubt, welcher Fall z. B. da eintritt, wo hierdurch eine bedenkliche Auflockerung des Grundes erzeugt wird oder der Wasserzudrang so zunimmt, daß letzterer nicht zu bewältigen ist.

Liegt nun der feste Grund nur in mäßiger Tiefe, und ist die Bodenart dabei eine dichte, so werden in den meisten Fällen, besonders bei Gebäuden mit Kelleranlagen, die unter ad. 1. aufgeführten Fundirungsarten anzuwenden sein.

In den übrigen Fällen aber wird man sich stets der mehr oder weniger schwierigen und kostspieligen künstlichen Fundirungen bedienen müssen.

Die hauptsächlichsten künstlichen Fundirungen sind folgende:

1. Fundirung auf massiven Pfeilern,
2 „ „ Senkkasten resp. Senkbrunnen,
3. „ „ Sandschüttung,
4. „ „ Betonschüttung,
5. „ „ Pfahlrost
6. „ „ Schwell- oder Bohlenrost, sogenannter liegender Rost,
7. „ „ eisernen Pfeilern und
8. „ „ eisernen Röhren.

1. Fundirung auf massiven Pfeilern.

Diese Fundirungsart kommt am häufigsten in solchen Gegenden und Städten vor, wo größere Gräben (Stadtgräben) oder Vertiefungen durch Auffahren und Ausfüllen mittels Bauschutt &c. in Bauplätze verwanwandelt werden; am meisten findet man diese Bauplätze bei den Stadterweiterungen der alten Festungsstädte &c. vor.

Der aufgefüllte Bauschutt ist schon weiter oben als ein sehr schlechter und untauglicher Baugrund geschildert worden, so daß bei Errichtung von Gebäuden auf demselben die Fundamente bis auf den gewachsenen tragbaren Grund geführt werden müssen. Dasselbe ist auch bei Erdausfüllungen nöthig.

Die Anwendung der Pfeiler ist nur in einer festen, d. h. nicht schwimmenden Bodenart zulässig, da sonst das Ausschachten der Baugruben unmöglich sein würde.

Die Pfeilerfundirung geschieht derartig, daß in gewissen Abständen, sowohl unter den Front- als auch Mittelmauern, die einzelnen Pfeiler

in entsprechender Stärke aufgeführt werden; diese sind unter sich mit halbkreis- oder spitzbogenförmigen Bögen, welche die oberen Gebäudemauern unterstützen, zu vereinigen. Die Pfeiler müssen solche Dimensionen erhalten, daß die Gesammtfläche dem Drucke des darauf ruhenden Gebäudes einen genügenden Widerstand leistet, demnach muß die übertragende Fläche dieselbe sein, wie die eines durchgehenden Fundamentes.

Nur bei geringerer Mächtigkeit der Ausfüllung wird das gänzliche Aufheben der Erdmassen zu empfehlen sein, hingegen wird dies Verfahren bei größerer Tiefe schwierig, da hierbei das Absteifen der nachbarlichen Erdmassen nothwendig sein würde; in den Städten ist das tiefe Ausschachten der Erdmassen überhaupt unzuläßig, weil die Fundamente der Nachbarhäuser dadurch sehr leicht wegrutschen könnten.

Behufs Fundamentirung der Pfeiler muß zuerst die Erde aus den einzelnen Gruben mittels sogenannter Brunenschachte, nach Art der gewöhnlichen Straßenbrunnen, hinausgeschafft werden.

Zu dem Zwecke sind 3 m (10′) lange, 0,3 m (1′) breite und 10—11 cm (4″) starke Plänken erforderlich, welche nach beistehender Zeichnung (Fig. 705.) ausgeklinkt werden.

Nach Ausgrabung eines Theiles der Erde muß man diese Hölzer in die Gruben im Quadrate eintreiben, fest verkeilen und mit dem ferneren Ausheben der Gruben fortfahren. Dieses Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis die Sohlen der Pfeiler auf den gewachsenen Boden gelangen, wonach alsdann die Aufmauerung der einzelnen Pfeiler mit den nöthigen Absätzen erfolgt. Das Material kann man mittels Kübeln und einer gewöhnlichen Bauwinde in die Baugrube hinunterlassen, ferner läßt sich das eingebaute Holz, nachdem ein Theil des Pfeilers fertig ist, herausnehmen und der Zwischenraum zwischen Mauerwerk und Boden mit Erde ausstampfen.

Dieser allgemeinen Beschreibung der Pfeilerfundirung folge im Nachstehenden eine Fundirung, wie sie in Stettin in der Neustadt zur Ausführung gelangte.

Bei der vorläufigen Untersuchung des Baugrundes stellte sich an einer Seite des Bauplatzes eine Tiefe bis auf den festen Baugrund, von 7,8—9,4 m (25—30′) heraus, und schien deshalb eine Ausgrabung von ca. 25 m (20′) Tiefe der ganzen Baustelle genügend, um die nöthigen Fundamentgräben auszuwerfen; bei dem scheinbar abgelagerten Baugrunde würde bei halber Böschung auf der einen Seite des Bauplatzes

ein nachbarliches Gebäude unberührt geblieben sein, da es ca. 2,82^m (9′) von dem neu zu errichtenden Gebäude absteht.

Nach Ausgrabung dieser 6,27^m (20′) tiefen Erdmasse und fernerer Untersuchung stellte sich indessen heraus, daß der angenommene feste Baugrund nur auf einem kleinen Ecktheil gefunden und die Seiten-Bö-

Fig. 707.

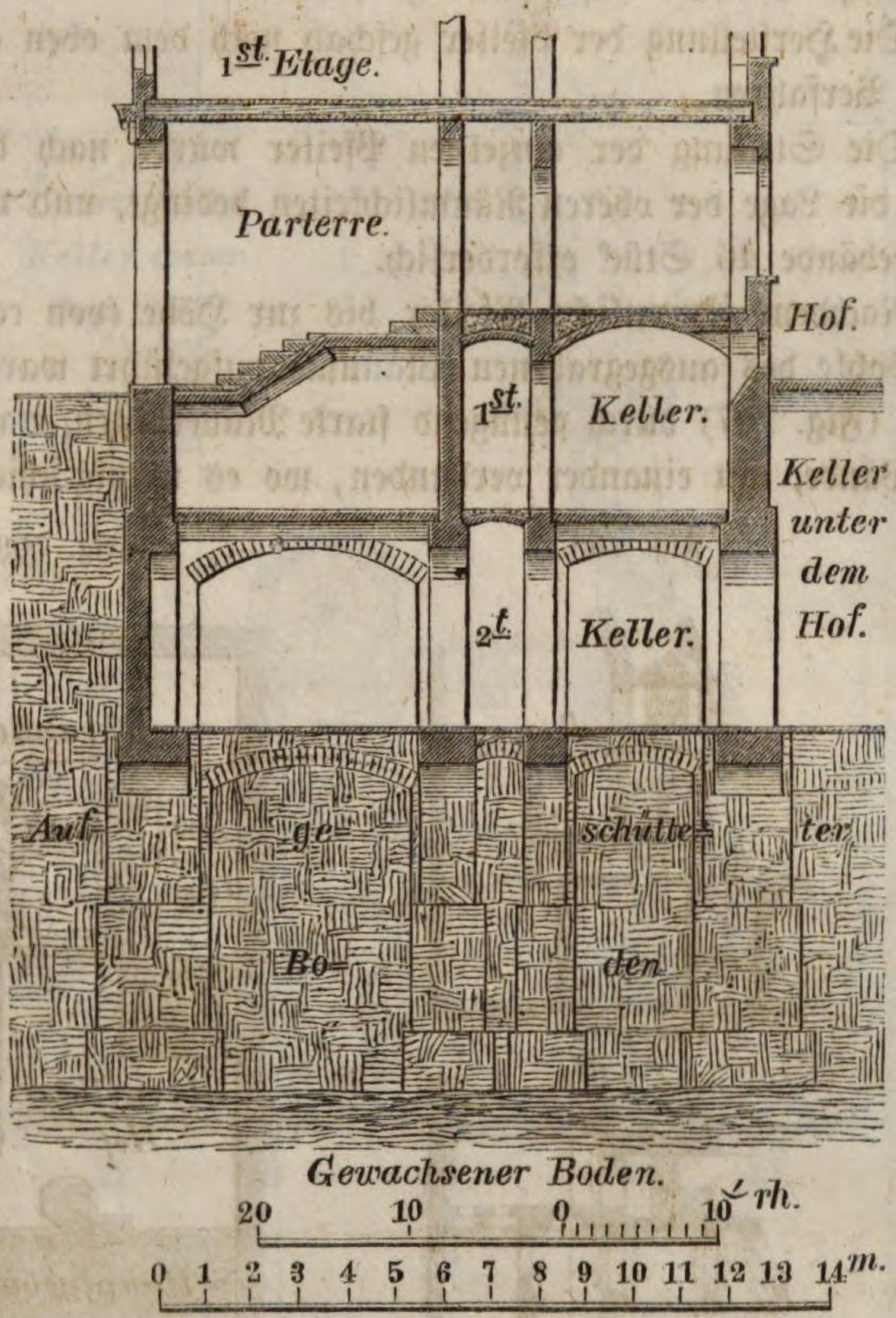
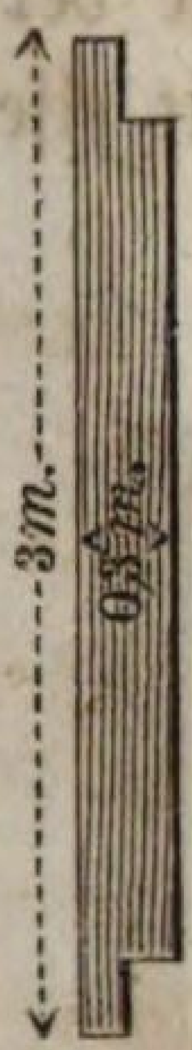


Fig. 705.



schungen des früheren alten Stadthauptgrabens bildete, und daß der ganze übrige Baugrund erst in einer Tiefe von ca. 12,5 – 13,8^m (40—44′) vom Straßenpflaster abgerechnet, mitten in dem alten Stadthauptgraben lag. Der ausgefüllte Boden bestand aus abwechselnden Schichten von losem Sand, Schutt und Erde, war also zum Bauen nicht geeignet.

Da eine durchschnittliche Ausgrabung des ganzen Planums bis auf den festen Boden nicht thunlich war, einestheils, weil dadurch die eine ganze Straße zerstört worden wäre, anderntheils, weil den danebenstehenden Gebäuden bei weiterer Ausgrabung der Einsturz drohte, so mußte zu einer künstlichen Fundamentirung geschritten werden, und schien es mit Berücksichtigung aller bestehenden Eventualitäten am geeignetsten, das ganze Gebäude auf Pfeiler zu stellen.

Die Herstellung der Pfeiler geschah nach dem oben angegebenen üblichen Verfahren.

Die Stellung der einzelnen Pfeiler wurde nach den Grundrissen durch die Lage der oberen Räumlichkeiten bedingt, und waren zum ganzen Gebäude 46 Stück erforderlich.

Nachdem sämmtliche Pfeiler bis zur Höhe (von ca. 6,27 m [20']), der Sohle des ausgegrabenen Planums aufgeführt waren, wurden dieselben (Fig. 707) durch genügend starke Mauerbögen, nach Lage der oberen Wände, mit einander verbunden, wo es nöthig schien, mit eisernen

Fig. 708.

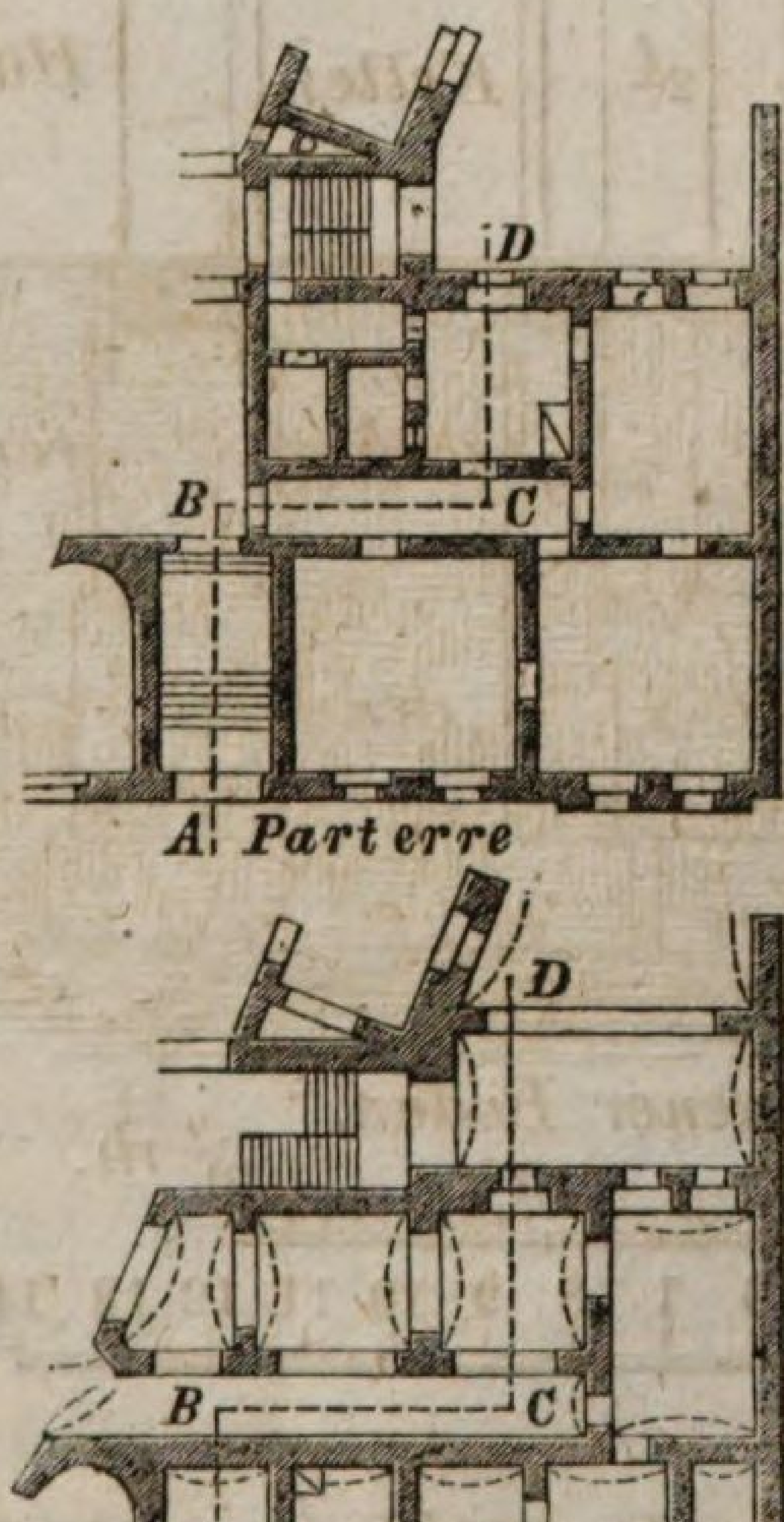
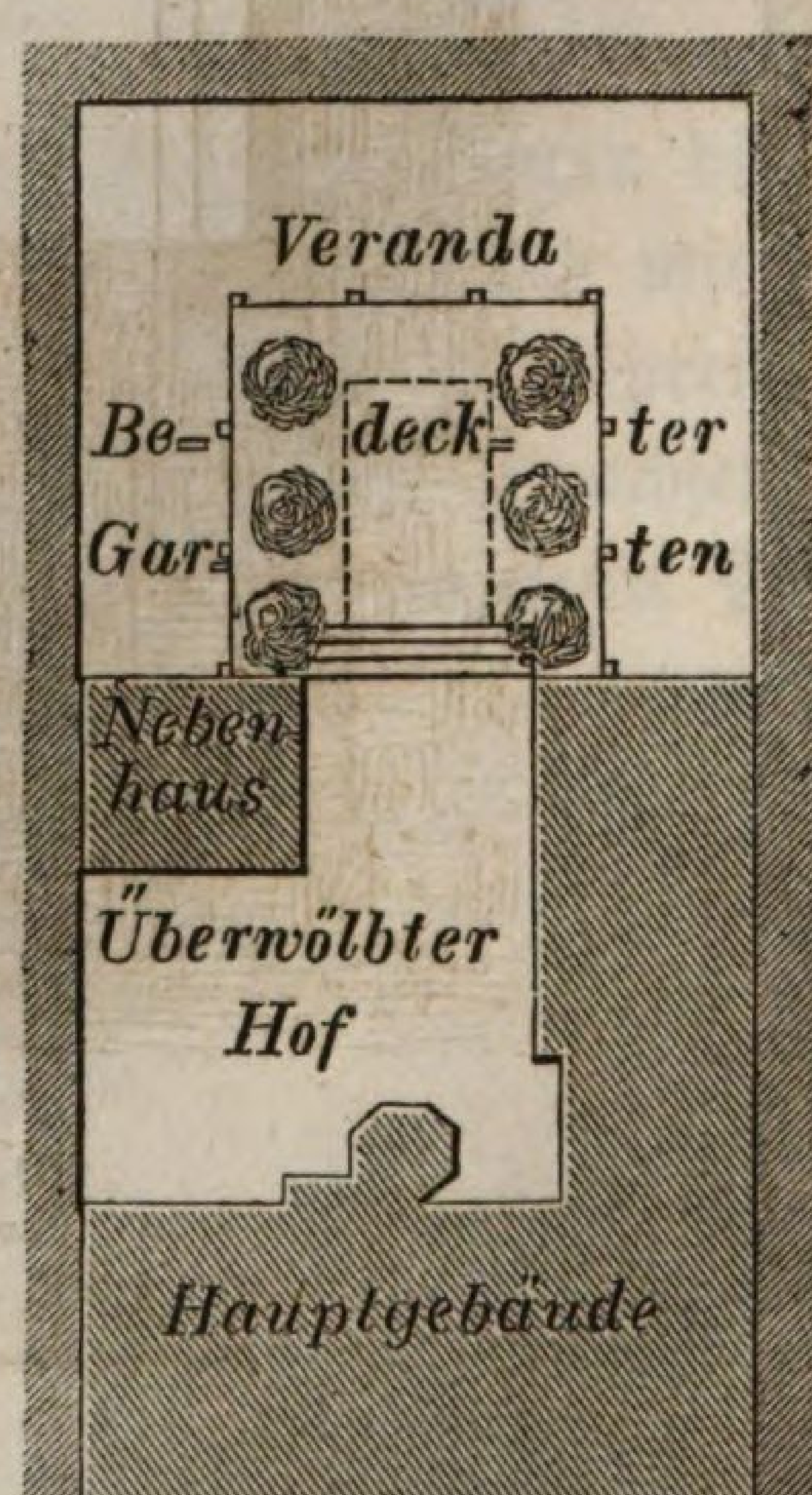
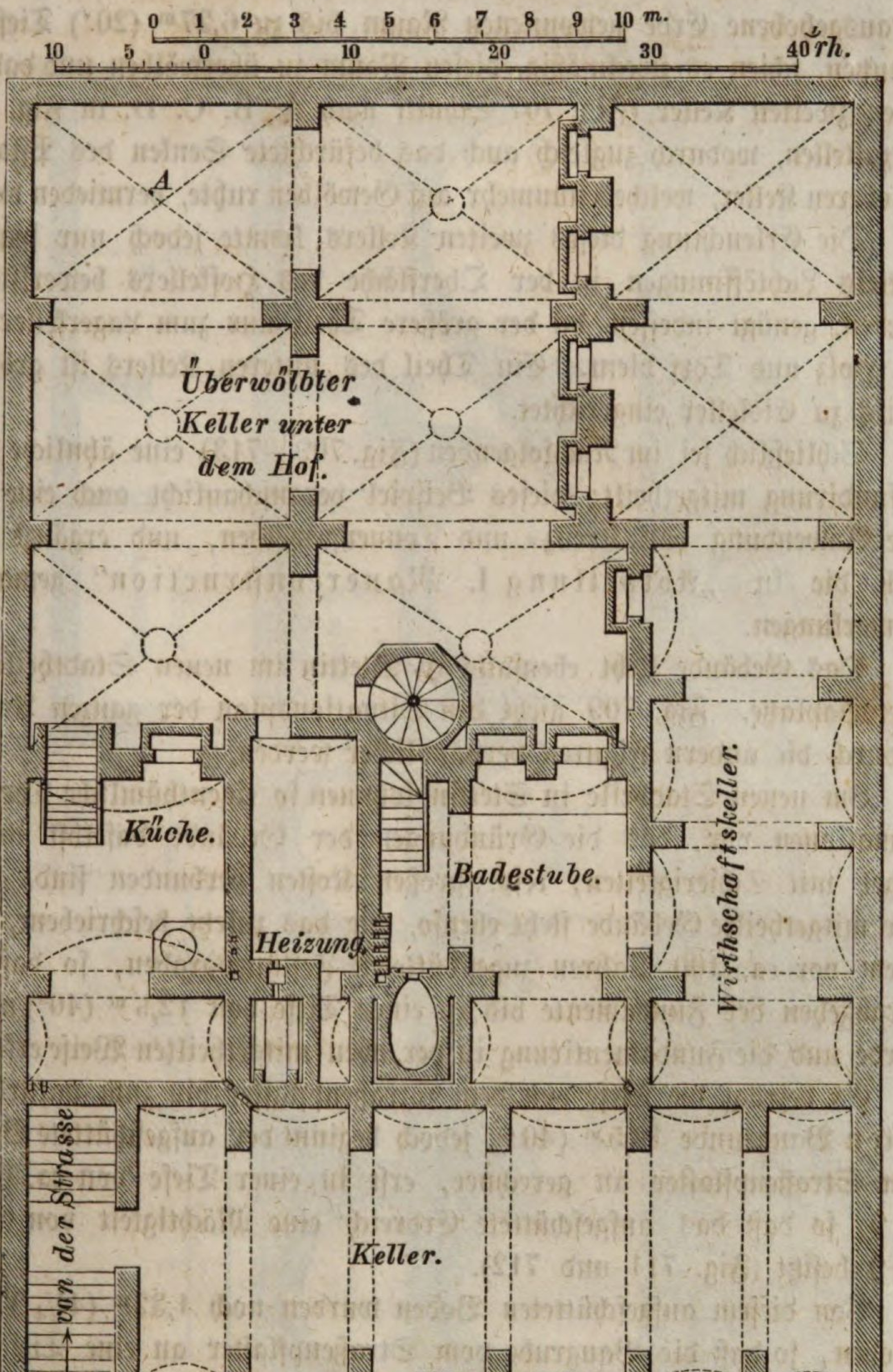


Fig. 709.



Ankern verstärkt und dann mit dem Oberbau in gewöhnlicher Art fortgefahren.

Fig. 710.



In (Fig. 708) sind die beiden Grundrisse des Parterres und des Kellers gegeben. Theils um zu vermeiden, daß die Pflasterungen in

den Kellern sich senken möchten, theils auch, um den einmal durch die herausgehobene Erde gewonnenen Raum bis zu 6,27^{m} (20′) Tiefe zu benutzen, schien es zweckmäßig, diesen Raum zu überwölben und dadurch einen zweiten Keller (Fig. 707 Schnitt nach A., B. C. D. in Fig. 708) herzustellen, wodurch zugleich auch das befürchtete Senken des Pflasters im oberen Keller, welches nunmehr auf Gewölben ruhte, vermieden wurde.

Die Erleuchtung dieses zweiten Kellers konnte jedoch nur sparsam mittels Lichtöffnungen in der Oberfläche des Hofkellers bewerkstelligt werden, genügt indessen, da der größere Theil nur zum Lagerkeller und für Holz und Torf dient. Ein Theil des unteren Kellers ist größtentheils zu Eiskeller eingerichtet.

Schließlich sei im Nachfolgenden (Fig. 709—713) eine ähnliche Pfeilerfundirung mitgetheilt; dieses Beispiel veranschaulicht auch eine weitere Anwendung von Kreuz- und Tonnengewölben, und ergänzt demnach die in „Abtheilung I. Mauerconstruction" gemachten Bemerkungen.

Das Gebäude steht ebenfalls in Stettin im neuen Stadtheile am Victoriaplatze. Fig. 709 giebt den Situationsplan der ganzen Anlage, wodurch die andern Figuren verständlicher werden.

Im neuen Stadheile in Stettin kommen so eigenthümliche Terrainformationen vor, das die Gründungen der Gebäude daselbst in der Regel mit Schierigkeiten, resp. großen Kosten verbunden sind. Das hier mitgetheilte Gebäude steht ebenso, wie das zuletzt beschriebene, über einem vor ca. 100 Jahren zugeschütteten Festungsgraben, so daß ein Herabgehen der Fundamente bis zu einer Tiefe von 12,5^{m} (40′) nöthig wurde und die Fundamentirung in der oben mitgetheilten Weise erfolgte.

Es beträgt die Tiefe von dem Straßenpflaster bis zum natürlichen festen Baugrunde 12,5^{m} (40′), jedoch beginnt der aufgeschüttete Boden, vom Straßenpflaster an gerechnet, erst in einer Tiefe von ca. 6,27^{m} (20′), so daß das aufgeschüttete Erdreich eine Mächtigkeit von 6,27^{m} (20′) besitzt (Fig. 711 und 712).

Von diesem aufgeschütteten Boden wurden noch 1,32^{m} (4$^{1}/_{4}$′) ausgehoben, so daß die Baugrube vom Straßenpflaster an eine Tiefe von 7,61^{m} (24$^{1}/_{4}$′) erhielt. Von der Sohle dieser Baugrube wurden nun die Pfeilerschachte bis zu einer Tiefe von 4,94^{m} (15$^{3}/_{4}$′) angelegt und in denselben die Mauerpfeiler aufgeführt, letztere oberhalb mittels Gurtbögen verbunden und diese wagerecht abgeglichen. Da die Oberkante des aufgeschütteten Bodens ursprünglich ca. 6,5^{m} (20′) unterhalb des

Fig. 711.

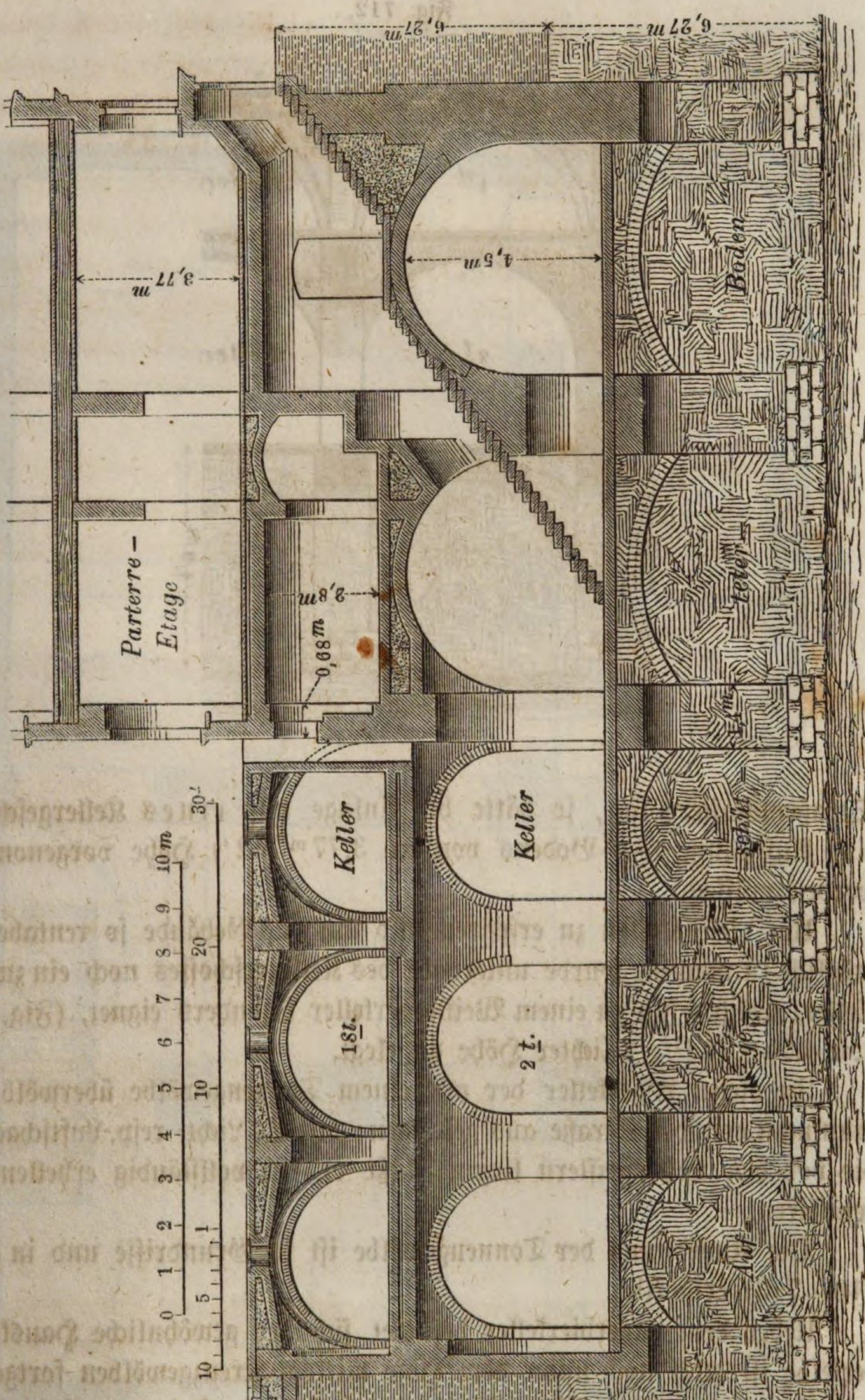
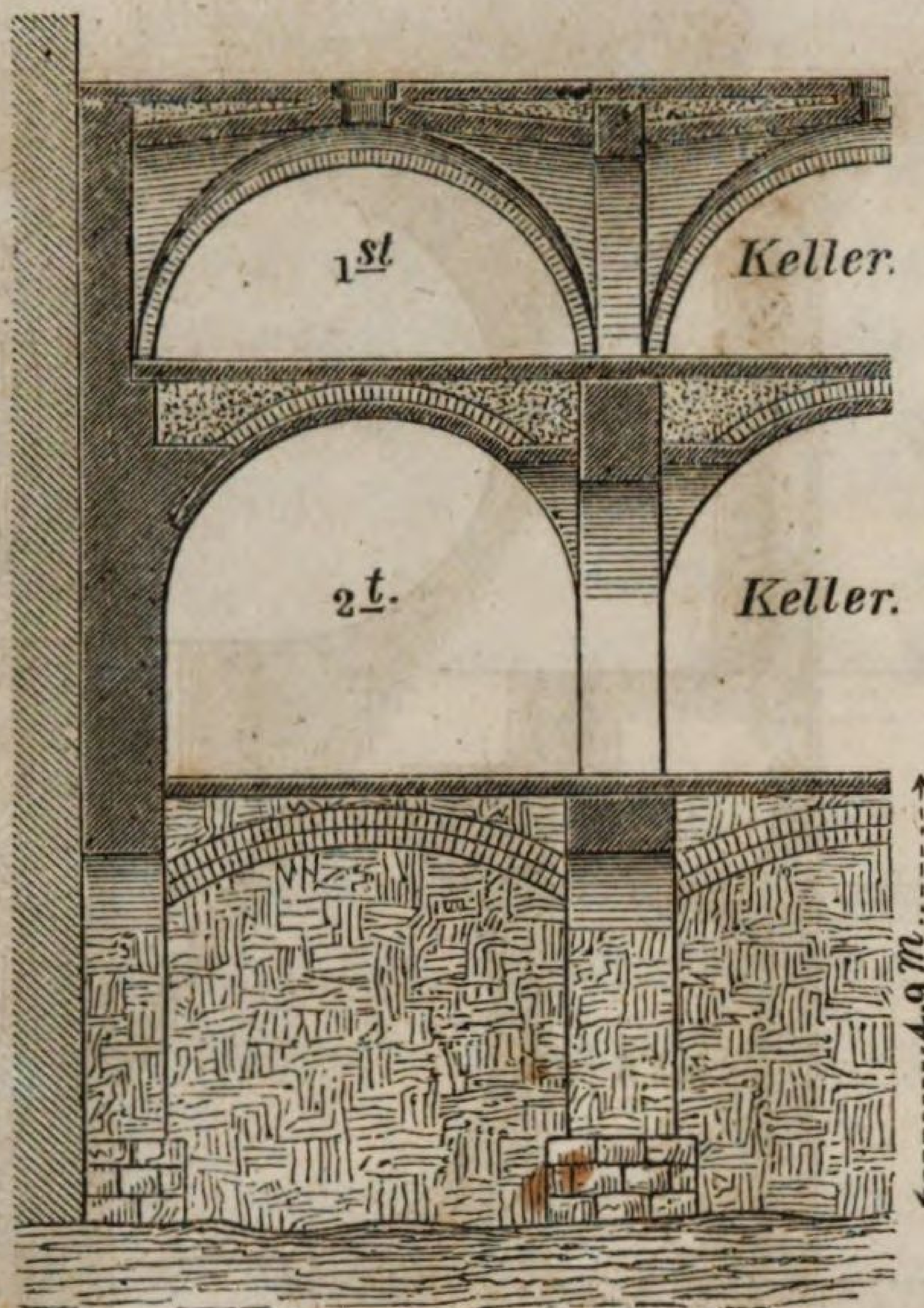

Parterre-Etage
Keller
Keller
1st.
2t.
3,77m
4,5m
2,8m
0,68m
6,27m
6,27m
6,27m
7,6m
4,9m
Boden
Gewachsener-Boden
10m
30'

Fig. 712.



Straßenpflasters lag, so hätte bei Anlage nur eines Kellergeschosses eine Auffüllung des Bodens von ca. 3,77 m (12′) Höhe vorgenommen werden müssen.

Um diese Kosten zu ersparen und um das Gebäude so rentabel wie möglich zu machen, wurde unterhalb des Kellergeschosses noch ein zweiter Keller, welcher sich zu einem Weinlagerkeller besonders eignet, (Fig. 712) von 4,55 m (14½′) lichter Höhe angelegt.

In diesen Lagerkeller der mit einem Tonnengewölbe überwölbt ist, kann man von der Straße aus gelangen; mittels Licht- resp. Luftschachten, die vor den Kellerfenstern liegen, läßt er sich vollständig erhellen und ventiliren.

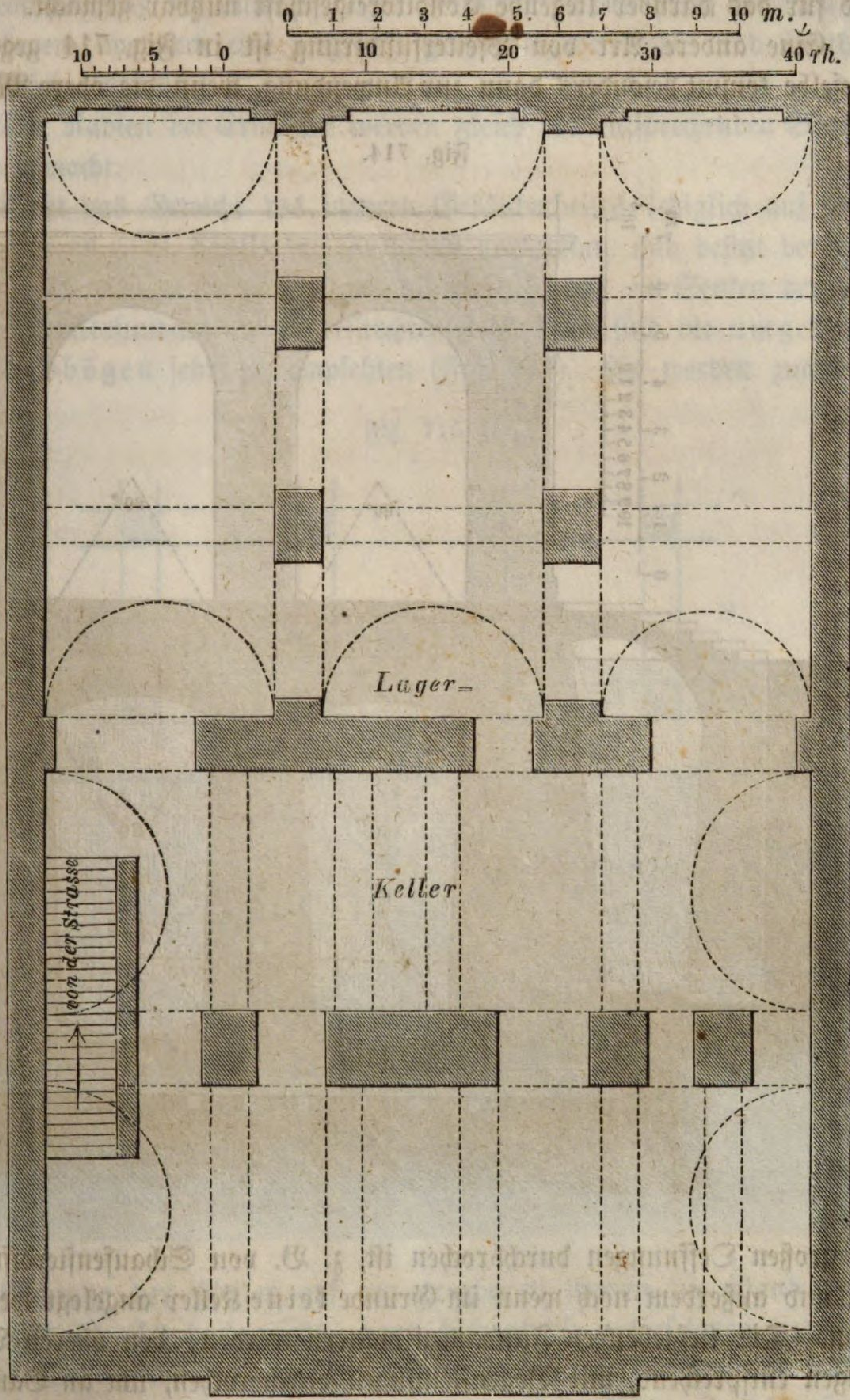
Die Anordnung der Tonnengewölbe ist im Grundrisse und in (Fig. 710—713) ersichtlich.

Ueber dem Lagerbierkeller befindet sich der gewöhnliche Hauskeller, derselbe ist auch noch unter dem Hofe mittels Kreuzgewölben fortgesetzt.

Ueber dem überwölbten Theile des Hofes (A) steht das Nebenhaus wie Fig. 709 ersichtlich macht.

Die im Kellergeschosse an der Straße liegenden Räume, welche so-

Fig. 713.

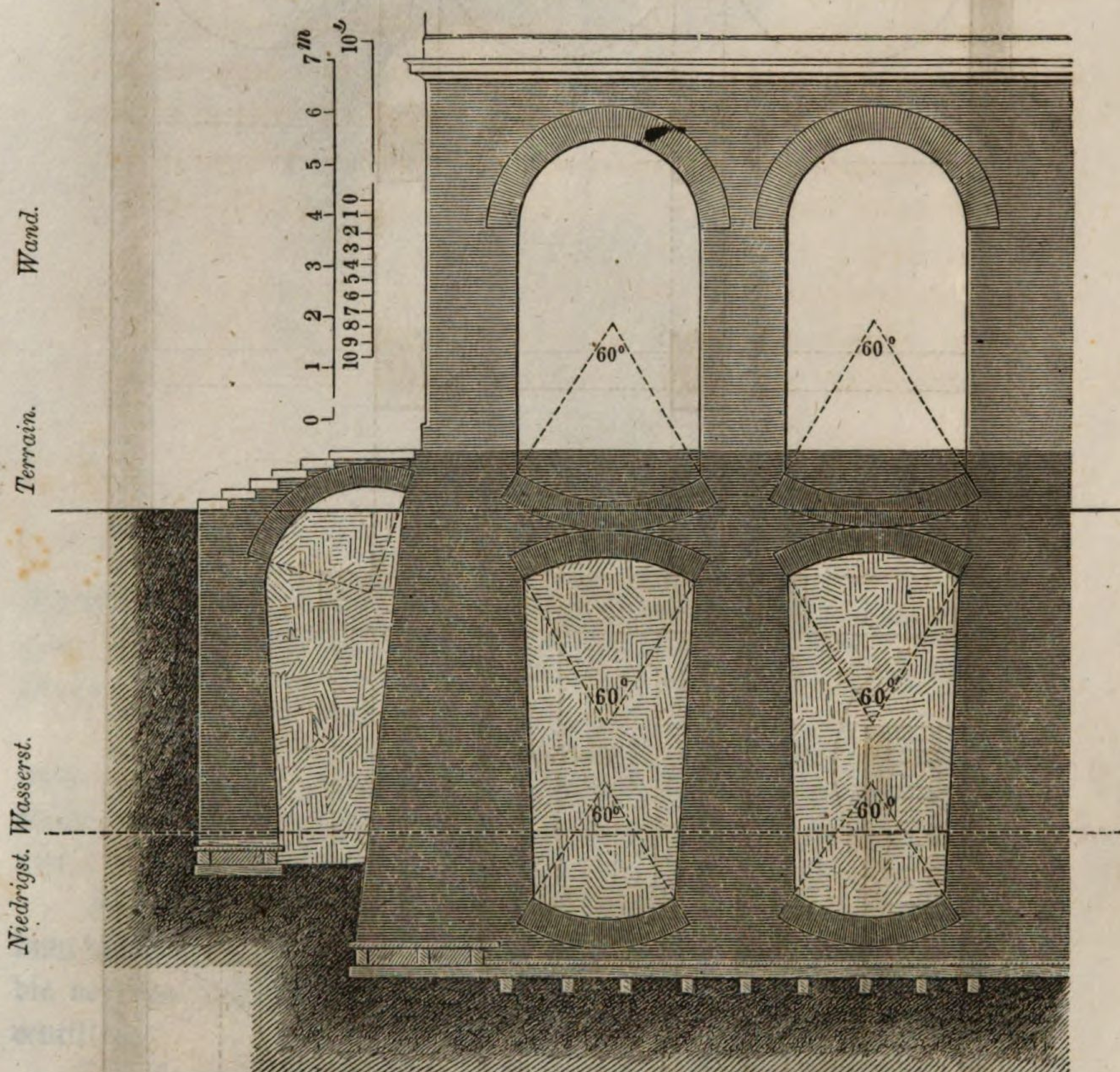


wohl von der Straße, als auch noch von dem in der Parterre-Etage liegenden Comptoir mittels besonderer Treppen zugänglich sind, dienen

als Flaschenweinkeller. Die übrigen Räumlichkeiten im Kellergeschosse sind für das darüber liegende Conditoreigeschäft nutzbar gemacht.

Eine andere Art von Pfeilerfundirung ist in Fig. 714 gegeben. Dieselbe kommt besonders dann zur Anwendung, wenn die obere Mauer

Fig. 714.



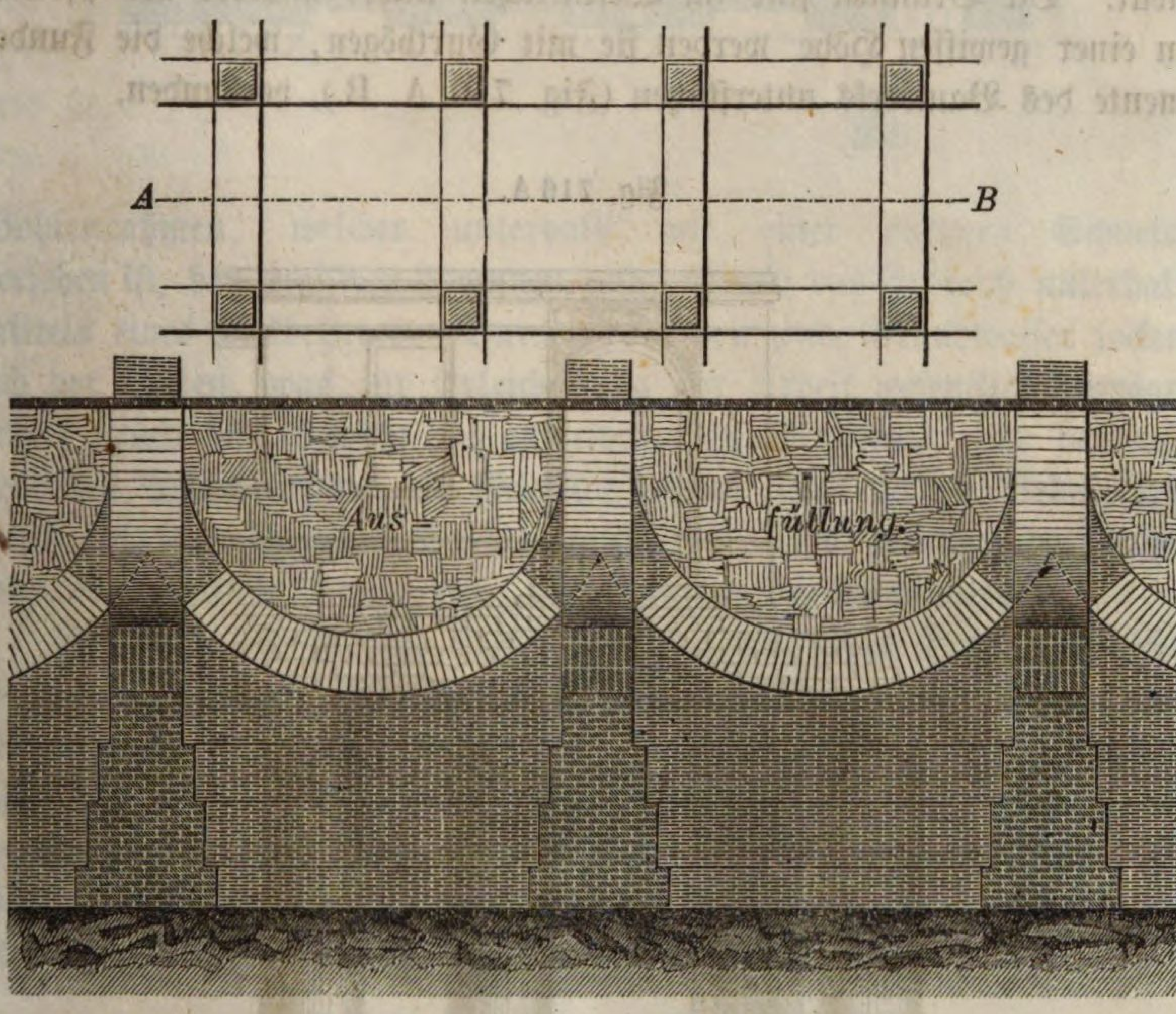
von großen Oeffnungen durchbrochen ist, z. B. von Schaufensteröffnungen, und außerdem noch wenn im Grunde *keine* Keller angelegt werden sollen. Die tiefgehenden Fundamentmauern werden, den oberen Oeffnungen entsprechend, mit Bogenstellungen durchbrochen, um an Baumaterial zu sparen. Bei Fig. 714 ist angenommen, daß das ganze Gebäude auf einem Schwellrost (Beschreibung desselben siehe weiter unten) liege.

Um die obere Last gleichmäßiger auf die Grundlage zu vertheilen, ist zu beachten, daß die unteren Bogen geringere Spannweiten erhalten als die oberen, wodurch eine möglichst große massive Sohle und Vertheilungsfläche entsteht.

Die Radien der Erdbögen werden gleich der entsprechenden Spannweite gemacht.

Ruht das Gewicht des inneren Gebäudetheiles lediglich auf Pfeilern, wie es z. B. häufig bei Speichern vorkommt, und besitzt der feste Baugrund keine große Widerstandsfähigkeit, so daß ein Senken der einzelnen Pfeilerfundamente zu befürchten steht, dann sind die umgekehrten Erdbögen sehr zu empfehlen (Fig. 715). Es werden zuerst in

Fig. 715.



der Richtung der Pfeiler auf den tragbaren Boden die Bankets ca. $1-1\frac{1}{4}^{m}$ ($3-4'$) hoch gesetzt, dann hierauf die umgekehrten Erdbögen in der Weise gemauert, daß die Bogenkämpfer den Pfeilern als Auflager dienen, und schließlich füllt man die sämmtlichen Zwischenräume aus. Durch die umgekehrten Erdbögen wird die Belastung der Pfeiler

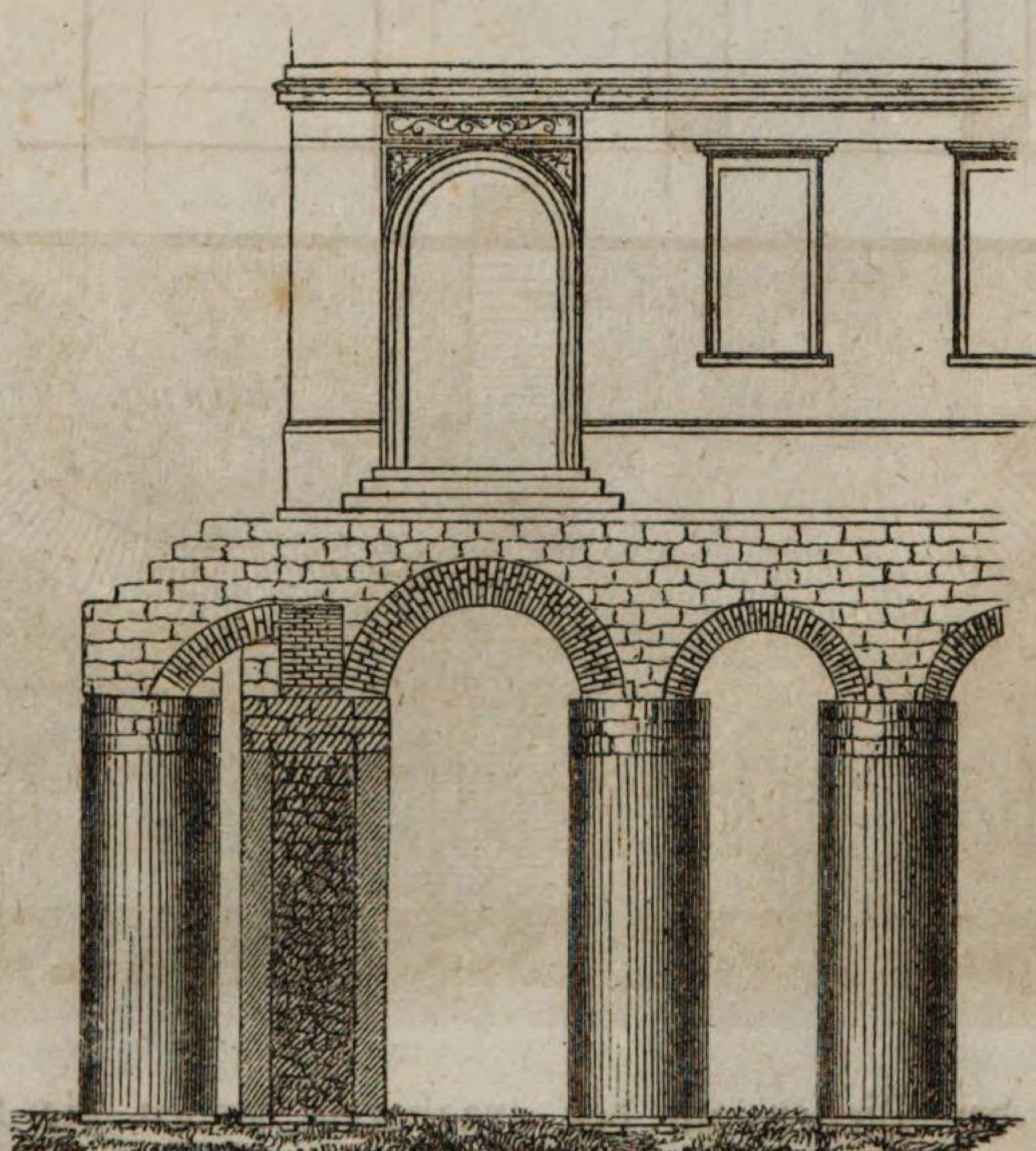
gleichmäßig auf die ganze Fundamentfläche vertheilt. Zu den Bögen können sämmtliche Bogenformen Verwendung finden, am zweckmäßigsten sind jedoch halbkreisförmige und Segmentbögen.

2. Fundirung auf Senkkasten oder Senkbrunnen.

Ist die feste Erdschicht erst in bedeutender Tiefe zu erreichen und ist der Boden beweglich oder wasserhaltig, so daß beim Ausheben der oben erwähnten Gruben der Wasserzudrang zu bedeutend sein würde, dann läßt sich die Pfeilerfundirung nicht anwenden; es ist unter diesen Umständen geboten hölzerne und massive Senkbrunnen anzulegen.

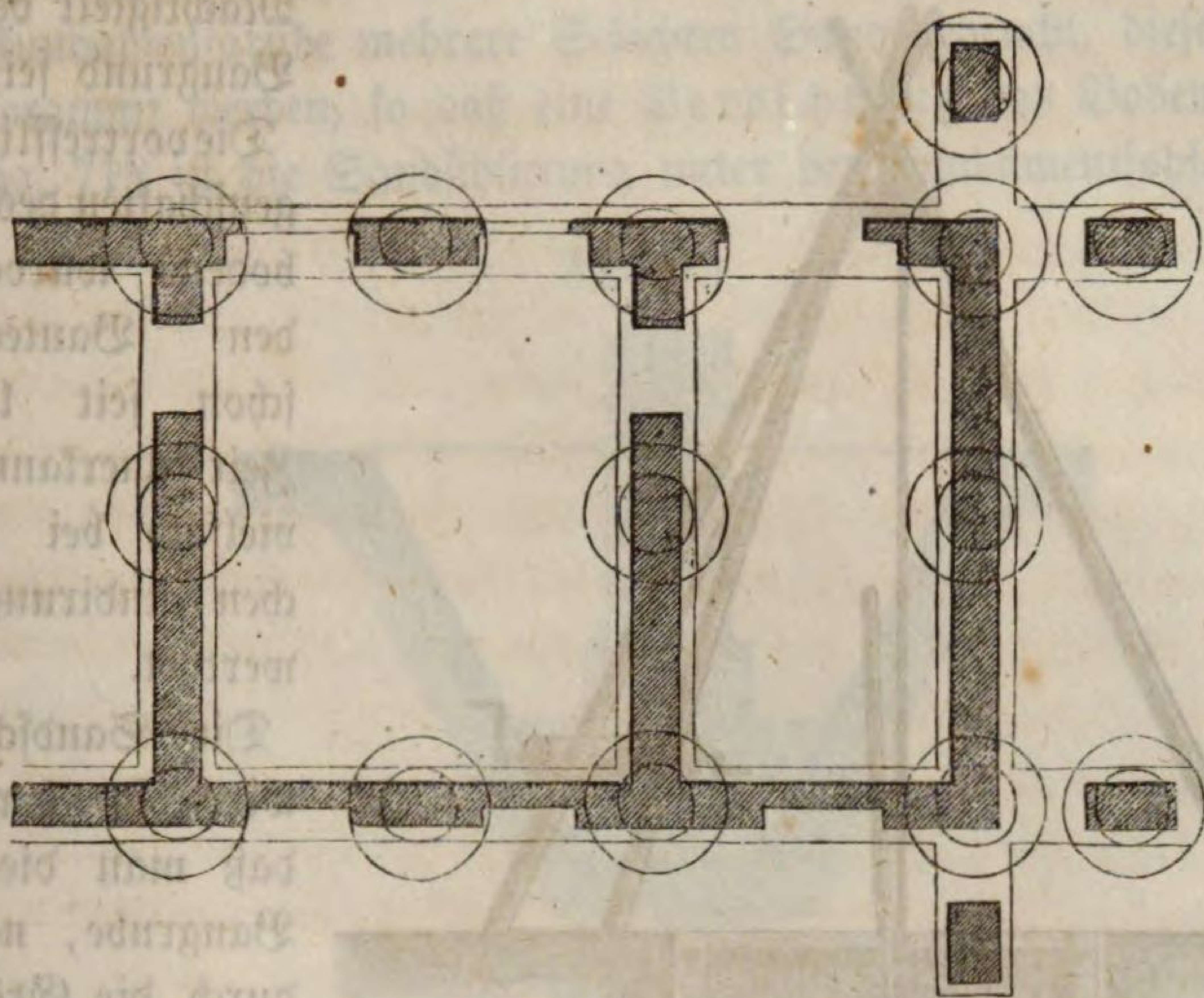
Die hölzernen Senkkasten sind nur bei leichten Gebäuden zu empfehlen, sie werden aber selbst hierbei den massiven neuerdings nachgestellt. Die Brunnen sind im Wesentlichen nichts anderes als Pfeiler; in einer gewissen Höhe werden sie mit Gurtbögen, welche die Fundamente des Bauwerks unterstützen (Fig. 716 A. B.), verbunden.

Fig. 716 A.



Das Senken der massiven Brunnen veranschaulicht Fig 717. Es wird nämlich zunächst ein hölzerner Brunnenschacht bis dicht über den höchsten Wasserstand hergestellt, dann bringt man auf einen hölzernen

Fig. 716 B.



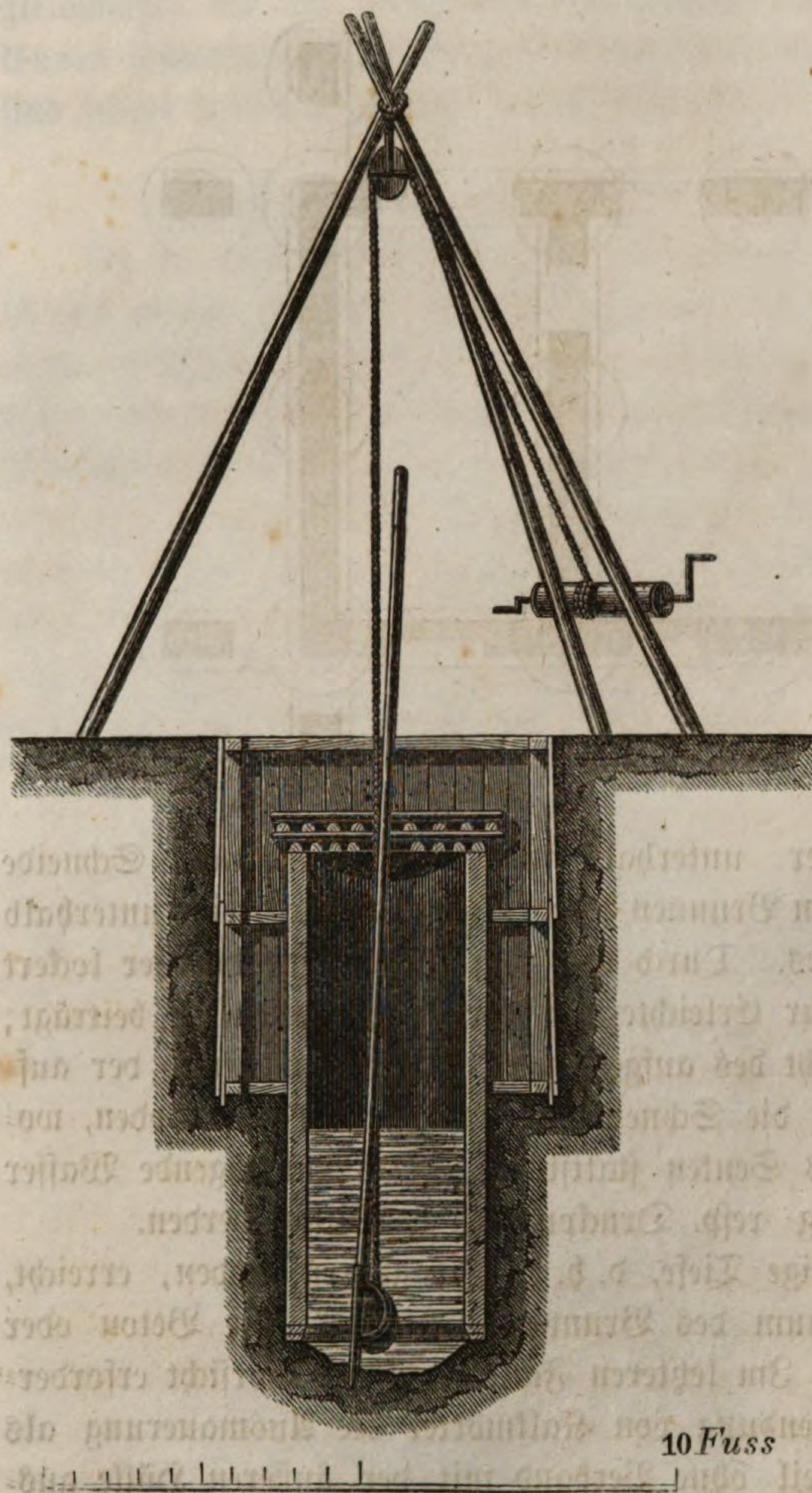
Bohlenrahmen, welcher unterhalb mit einer eisernen Schneide versehen ist, den massiven Brunnen und entfernt das Erdreich unterhalb mittels eines Sackbohrers. Durch das zudringende Grundwasser lockert sich der Boden, was zur Erleichterung der Arbeit wesentlich beiträgt; ferner drückt das Gewicht des aufgemauerten Brunnens, und der aufgepackten Extrabelastung die Schneide immer tiefer in den Boden, wodurch ein fortwährendes Senken stattfindet. Das zudringende Wasser kann dann mittels Saug- resp. Druckpumpen bewältigt werden.

Hat man die nöthige Tiefe, d. h. den tragbaren Boden, erreicht, so wird der innere Raum des Brunnens entweder mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt. Im letzteren Falle ist einige Vorsicht erforderlich, daß man bei Anwendung von Kalkmörtel die Ausmauerung als eigentlich tragenden Theil ohne Verband mit der äußeren Hülle ausführt, damit derselbe sich ungehindert setzen kann. Zu empfehlen ist, stets hydraulischen Mörtel bei Senkbrunnen anzuwenden.

3. Die Fundirung auf Sandschüttung.

Bei der Aufzählung der verschiedenen Bodenarten wurde noch auf die Ursachen der großen Widerstandsfähigkeit des Sandes aufmerksam gemacht und außerdem noch bemerkt, daß der Sandboden, wenn gegen Unterspülung resp. Verlaufen des Sandes Vorsichtsmaaßregeln getroffen

Fig. 717.



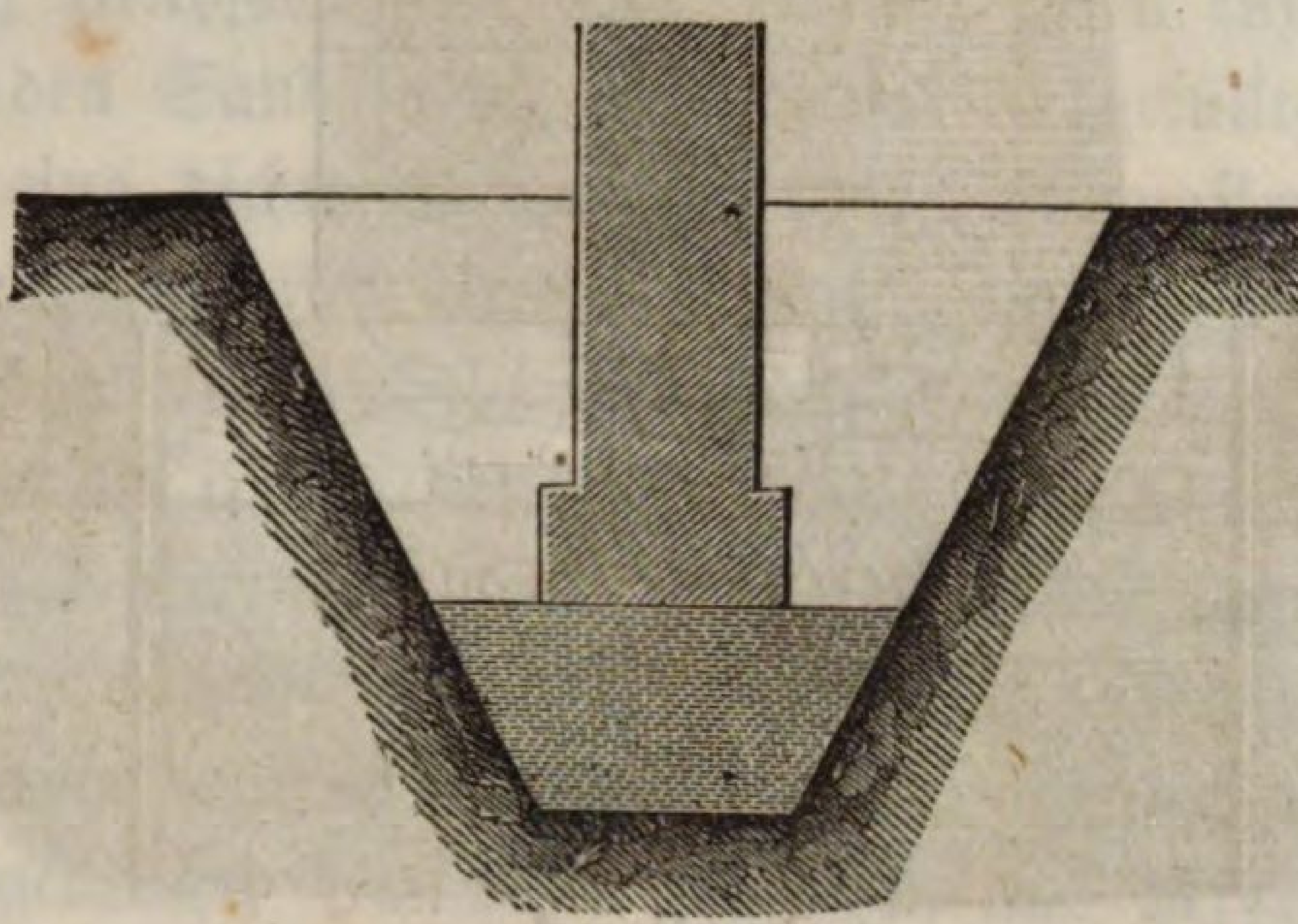
sind, bei genügender Mächtigkeit der beste Baugrund sei.

Die vortrefflichen Eigenschaften des Sandbodens wurden von den Bautechnikern schon seit längerer Zeit anerkannt und vielfach bei künstlichen Fundirungen verwerthet.

Die Sandschüttung wird so hergestellt, daß man die ganze Baugrube, nach der durch die Größe der Schüttungssohle angegebenen Ausdehnung, in nöthiger Tiefe ausgräbt resp. ausbaggert, den Sand alsdann schichtenweise einbringt und einpreßt. Ist kein Grundwasser vorhanden, so muß durch Begießen die gehörige feste Lagerung erzeugt und der Sand außerdem noch abgerammt werden. Dieses Rammen ist aber nur dann anwendbar, wenn in dem Sande grade soviel Wasser vorhanden ist, daß es durch Capillarattraktion die Zwischenräume bis zur Oberfläche füllt, indem der Sand, sobald er mehr von Wasser durchzogen oder trocken ist durch die Rammschläge nur hin und her bewegt wird. Jedenfalls muß der verwendete Sand rein und scharf sein und ist die Schüttung bei fließendem Wasser sorgfältig durch Spundwände und Steinwurf zu sichern.

Die einfachste Fundirung auf Sand findet statt, wenn, falls die Dichtigkeit des Bodens nicht als genügend erscheint, in die aufgeworfene Fundamentgrube mehrere Schichten Sand gebracht, diese bewässert und gerammt werden, so daß eine Verdichtung des Bodens eintritt. In Fig. 718 ist die Sandschüttung unter der Fundamentsohle.

Fig. 718.



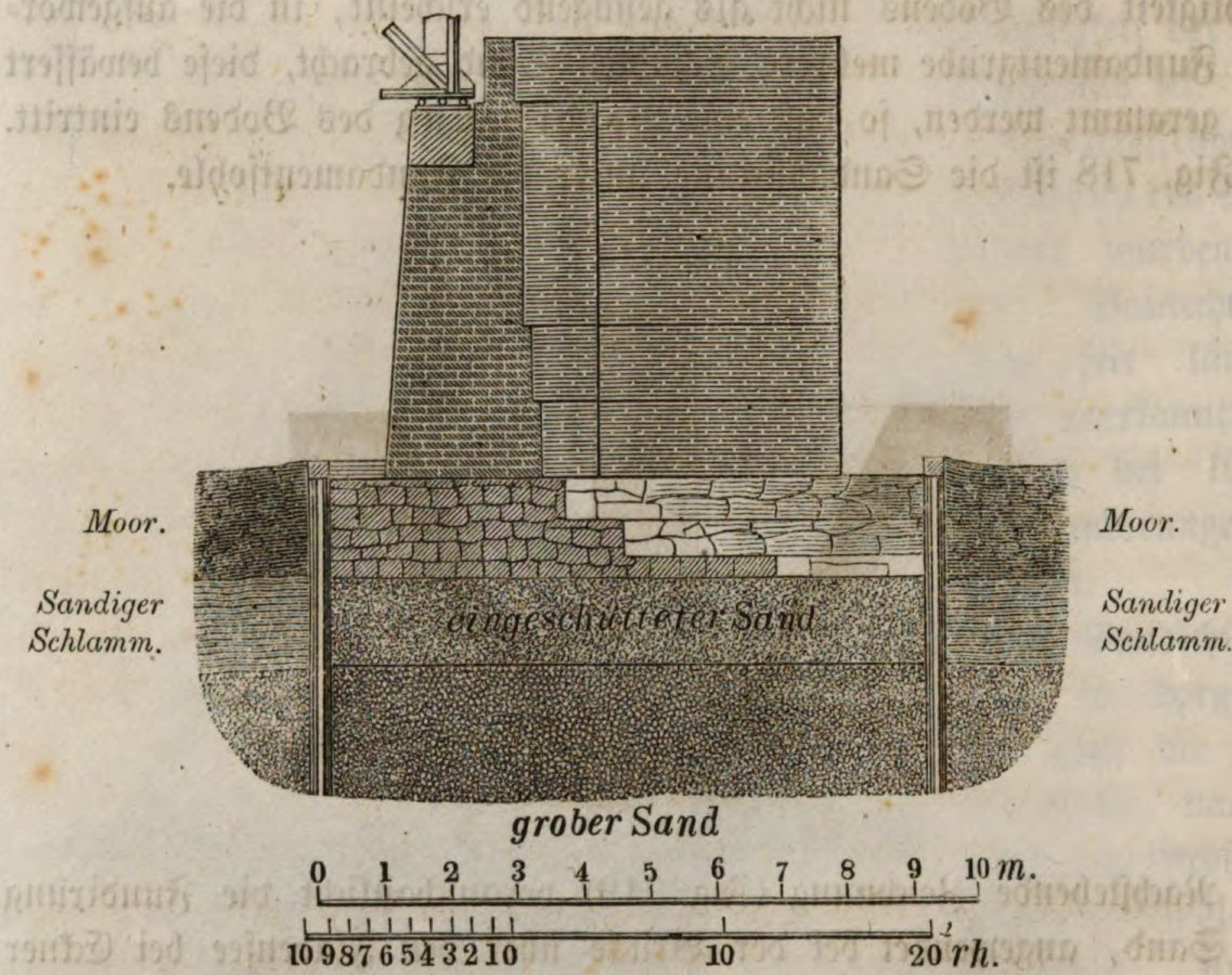
Nachstehende Zeichnung (Fig. 719) veranschaulicht die Fundirung auf Sand, angewendet bei der Brücke über den Fladensee bei Eckner (Königl. Niederschl.-Märkische-Eisenbahn). Die Sandschüttung ist durch Spundwand vor Unter- und Ueberspülung geschützt. Dieselbe Fundirungsart ist auch beim Hochbau, wenn das Bauwerk in Schlamm &c. zu errichten ist, anzuwenden.

Im Nachstehenden folgt eine nähere Beschreibung einer Fundirungsart auf Sandschüttung, angewendet bei den Gebäuden des Thüringenschen Bahnhofes in Leipzig, beschrieben in Erbkam's Zeitschrift; diese Gründungen sind besonders deshalb interessant, weil hierbei sowohl die Ursachen des anfänglichen Mißlingens, als auch die verschiedenen Vorsichtsmaßregeln, welche als Gegenmittel angewendet und diese Fundirungsmethode am besten erklären, mitgetheilt sind.

Der Bauplatz war ein sumpfiges, von vielen Wasserläufen durchschnittenes, von Wasser ringsumflossenes Terrain.

Bohrversuche ergaben, daß in der südlichen Hälfte unter einem 0,94—1,25 m (3—4') tiefen Moorboden eine 0,3 m (1') starke Lehmschicht lagerte, unter der sich ein mächtiges Kieslager befand, während sich im nördlichen Theile der Kies 3,14 m (10') unter das Terrain senkte. Ueber dem Kies lagerte ein lehmiger, häufig mit dünnen Sandschichten durchzogener Boden, dessen oberste Schicht ein 0,6—0,9 m (2—3') tiefer Moor

Fig. 719.



bildete. Viele Unregelmäßigkeiten wurden durch die genannten Wasserläufe herbeigeführt.

Wenngleich nun hiernach eine eigentliche Tragfähigkeit dem Baugrunde nirgends fehlte, so gewann er diese doch erst in solcher Tiefe, daß, um dieselbe mit den Fundamenten zu erreichen, letztere eine bedeutende Tiefe hätten erhalten müssen, zumal das Terrain bis zur Planumhöhe noch um 2,5—2,8^{m} (8—9′) ausgefüllt werden mußte. Die Fundamente hätten kolossale Mauermassen konsumirt, und weil durch einen Schwellrost wenig an Mauerwerk gespart worden wäre, indem er wenigstens in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes hätte angelegt werden müssen, so entschloß man sich zur Fundirung mit Sand, zumal dieses Material sich ausreichend in der Nähe des Bahnhofes vorfand.

Das erste Gebäude, welches in Angriff genommen wurde, war der Locomotivschuppen für 9 Maschinen mit einer Wasserstation und einer Reparaturwerkstatt, welche Gebäudetheile sämmtlich im Massivbau ausgeführt sind.

Nach Reinigung der Baustelle von Bäumen, Sträuchern und Wurzeln wurde der sehr comprimirbare Moorboden auf 1,25—1,5^{m} (4—5′)

Tiefe und in einer Flächenausdehnung, die die äußeren Umfassungsmauern der Gebäude nach jeder Richtung hin um wenigstens 3,14^{m} (10′) übertraf, abgegraben.

Sodann wurde zur Operation der Sandausfüllung geschritten, indem man die Baugrube, die sich immer sehr schnell mit Wasser füllte, trocken legte und demnächst in der Höhe des Grundwasserspiegels mit möglichst reinem, gleichförmigem Sande recht schnell zuschüttete.

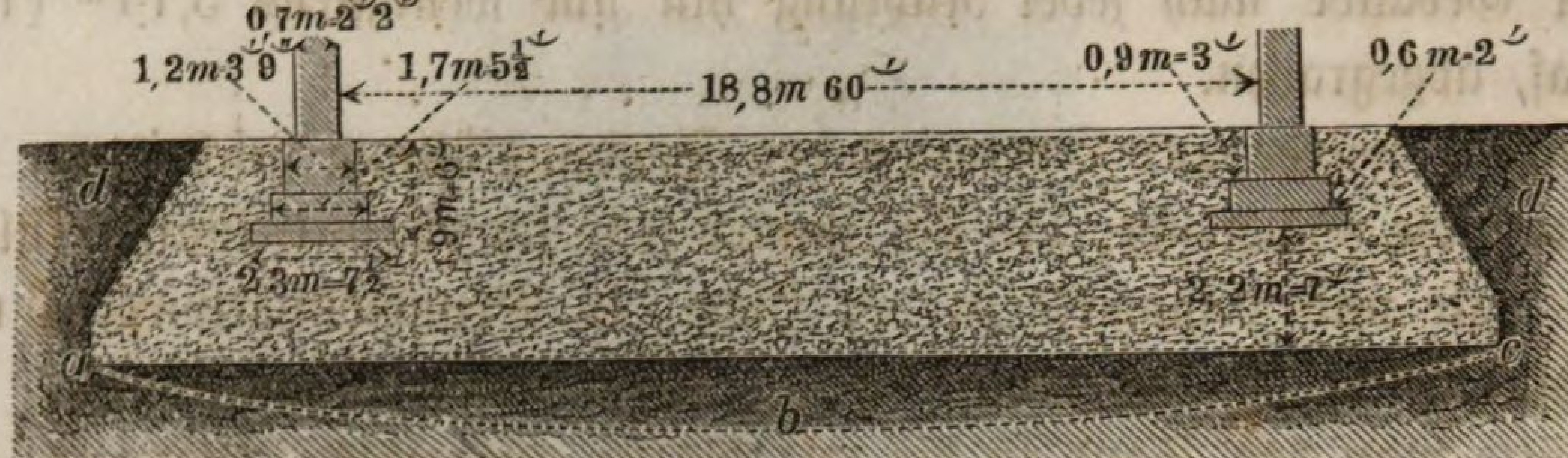
Hätte man den Sand in die mit Wasser ausgefüllte Baugrube gestürzt, so wäre eine dichte Ablagerung der Sandmassen, wie man sie jetzt verlangte, nicht möglich gewesen. Zur Comprimirung des Sandes unter den Fundamenten wendete man schwere viermännige Rammen, sowie Einwaschungen an, indem man, mit der Sandaufschüttung bis zur Höhe der Fundamentsohle gekommen, diese nicht nur tüchtig abrammte, sondern auch noch durch aufgegossenes Wasser gut zusammenspülte. Dennoch war der Sand, wenn er trocken wurde, in der obern Lage so locker, daß er sich durch aufgebrachte Bausteine leicht hin und herschob.

Um diesen Uebelstand zu beseitigen kam folgende Verkehrung zur Anwendung: Auf der wohl eingeebneten und gerammten Sohle der Fundamente wurden nach Art der Packlagen bei Chaussirungen, Steinstücke in der Größe von 8—13^{cm} (3 - 5″) und in einer Breite, die das untere Banket der Fundamente auf jeder Seite um 0,3^{m} (1′) übertraf, nebeneinander gereiht, alsdann verzwickt, mit einem recht steifen Mörtel abgeglichen und abgerammt. Mit dieser Manipulation fuhr man so lange fort bis dieser Rammbeton die Stärke von 0,3^{m} (1′) erreicht hatte, schüttete ferner den Raum sowohl innerhalb, wie auch außerhalb der Gebäude bis zur Höhe der Betonschicht mit Erde auf und begann nunmehr mit den Mauerarbeiten.

Die Verbreiterung der Fundamente war der Belastung derselben entsprechend angeordnet, so das beispielsweise eine 7,8^{m} (25′) hohe, auf ca. 47^{m} (150′) Länge freistehende, $2^1/_2$ Stein oder 0,63^{m} (26″) starke Mauer des Locomotivschuppens zwei Bankets von 0,94 und 0,63^{m} (3′ und 2′) Höhe und 1,17 und 1,72^{m} (3′ 9″ und $5^1/_2$′) Breite erhielt (Fig. 720).

Die Fundamentmauern wurden von sehr unregelmäßig berechenden Bruchsteinen (da keine anderen zu haben waren) in gutem hydraulischen Mörtel ausgeführt, und mit dem fortschreitenden Mauerwerk wurde auch gleichmäßig das Terrain innerhalb und außerhalb des Gebäudes aufgefüllt.

Fig. 720.



Durch vorhergegangene Versuche mittels freistehender Mauerpfeiler war die Stärke der Compression des Untergrundes durch die Belastung vermittelt worden, und dieser entsprechend hatte man auf eine Senkung des Gebäudes von 26 cm (10″) gerechnet.

Man konnte sich nicht verhehlen, daß bei dieser Fundirungsart und dem übereilten Betrieb ein starkes Setzen des Gebäudes stattfinden würde, und es war unter diesen Umständen die hauptsächlichste Aufgabe, die Verbreiterung der Fundamente nach Maßgabe ihrer Belastung anzuordnen, um hierdurch ein gleichmäßiges Setzen zu ermöglichen.

Hierauf überließ man das Mauerwerk einige Tage sich selbst, stellte mehrere Pumpen in den innerhalb des Gebäudes liegenden Brunnen auf und setzte mittels derselben die ganze Baustelle derart unter Wasser, daß die obere Sandschicht vollständig gesättigt erschien. Der Erfolg dieser Wässerung war eine Senkung des Sandes, mit dem die Fundamente verfüllt waren um 5—8 cm (2—3″). Auch die Fundamente der Umfassungswände des Maschinenschuppens hatten sich gleichmäßig gesetzt, während unregelmäßige Senkungen des anstoßenden Werkstattgebäudes beobachtet wurden. Bei einer abermaligen Spülung zeigte sich keine weitere Wirkung mehr, mit Ausnahme der südwestlichen Ecke, die sich nun weitere 5 cm (2″) senkte, nachdem sie das erste Mal um ca. 8 cm (3″) gesunken war.

Man nahm hierauf eine Belastung der Theile des Fundamentes vor, in welchen die stärkste Senkung sich herausgestellt hatte, und suchte dieselbe so einzurichten, daß sie dem Maximum der künstlichen Belastung entsprach. Es folgte wieder eine Senkung, so daß nunmehr die fragliche Ecke ca. 13 cm (5″) tiefer lag, als die übrigen Fundamente. Selbstredend hatten sich Risse gebildet, welche die gesenkten von den übrigen Theilen des Fundaments trennten. Nachdem eine Bewegung der Mauertheile nicht mehr wahrgenommen werden konnte, wurde das aufgelegte

Belastungsmaterial beseitigt, die obere Schicht des Mauerwerks, soweit die Senkung vorgekommen war, aufgenommen, und alsdann das Fundament im Niveau mit dem andern Mauerwerk wieder aufgeführt. An den Stellen, wo die Risse sich gezeigt hatten, wurde das Mauerwerk abgebrochen und in einem recht guten Verbande wieder hergestellt. Man griff jetzt die Mauerarbeiten aufs Neue rüstig an und begann das aufgehende Mauerwerk aufzuführen.

Inzwischen waren die Erdarbeiten weiter vorgeschritten, Erdmassen wurden ringsum in hügelartiger Erhöhung, dessen Gipfel von den Gebäudefundamenten bekrönt wurden, angehäuft und es bekam das Planum für die Bahnhofsgebäude eine größere Ausdehnung.

Nun trat jedoch eine Erscheinung ein, auf welche man nicht gerechnet hatte.

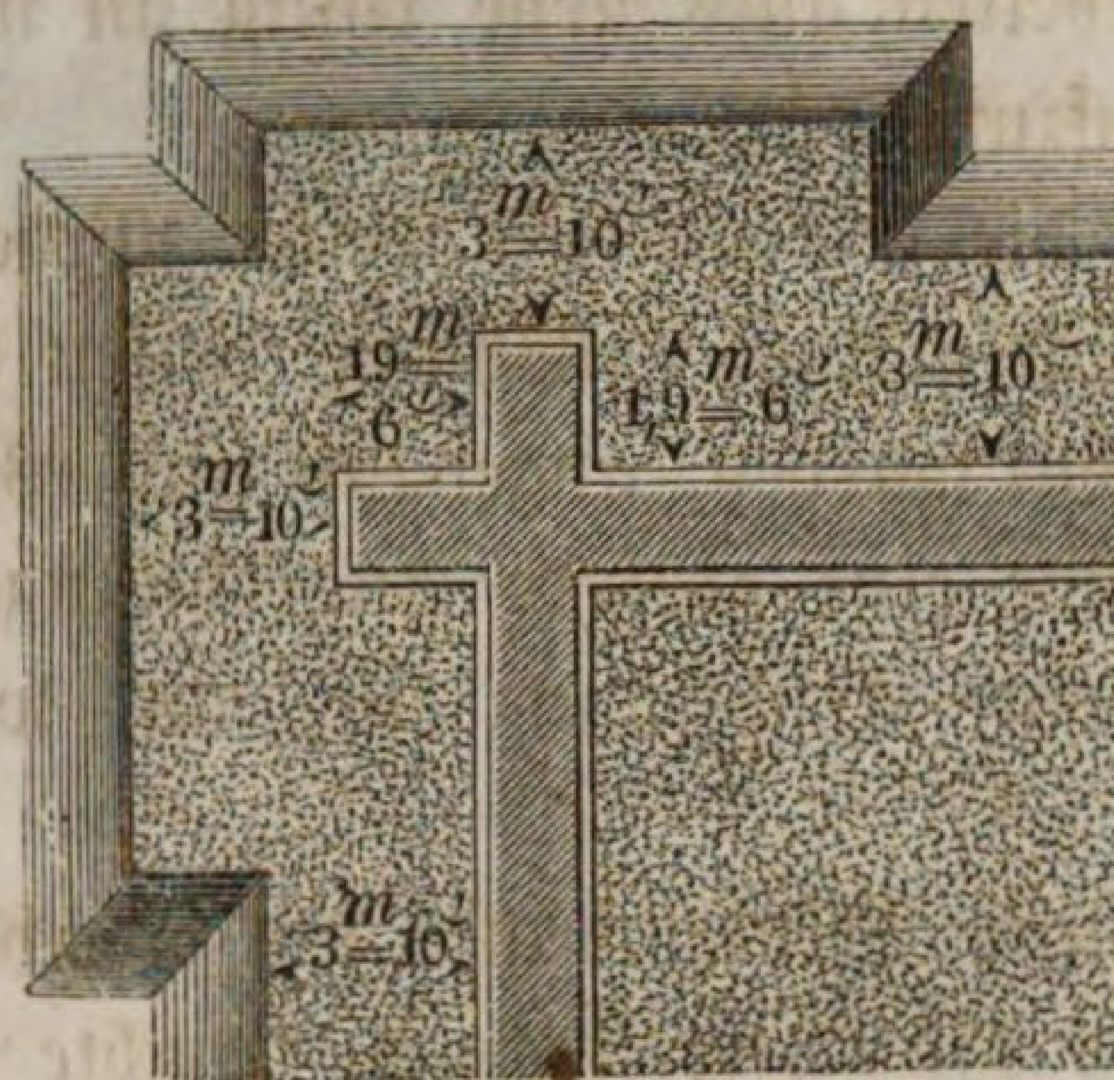
Die Fundament- und Plintenmauer der östlichen Längenfronte auf eine Länge von ca. 47 ^{m} (150′) freistehend, bauchte sich etwa 13 ^{cm} (5″) nach der äußeren Seite aus, indem sie hier auch ebensoviel aus dem Lothe wich und die vertikalen Mauerflächen dadurch eine windschiefe Form annahmen. Diese unerwartete Erscheinung hatte in Folgendem ihren Grund: Man hatte in der ganzen Ausdehnung des Gebäudes den lockern Moorboden bis auf den festen Baugrund, der ein vielfältig von Sandschichten unregelmäßig durchschnittener, lehmiger, ziemlich erweichter und in nicht unbedeutendem Grade zusammendrückbarer Boden war, ausgehoben und beseitigt. Statt des ausgehobenen leichten Moorbodens wurde der schwere Sand eingebracht und bis zu einer Höhe von $1{,}25 + 2{,}80 = 4{,}05^{m}$ ($4 + 9 = 13'$) aufgeschüttet.

Der Untergrund erhielt also nicht nur einen größeren Druck als früher, sondern auch durch die Form der aufgefüllten Sandmasse in der Art eine ungleichmäßige Belastung, daß dieselbe an den Rändern der Baugrube geringer war, als weiter nach der Mitte hin.

Hierdurch entstanden im Untergrunde ungleiche Pressungen und dadurch ungleiche Senkungen, durch welche die Sohle der Baugrube eine concave Form, etwa nach der punktirten Linie a b c (Fig. 720) annahm. Als nun später die Ausschüttung des Planums eine größere Ausdehnug gewann, erlitt auch der Grund bei a und c eine größere Pressung und in Folge derselben eine stärkere Senkung, wodurch die Sohle ihre ursprüngliche horizontale Lage wieder annahm, dadurch aber die darauf liegenden Mauermassen in Bewegung brachte und der Längenfronte die vorhin erwähnte Form gab.

Die Ecken dieses Gebäudes waren dieser Bewegung weniger gefolgt, weil sie durch die Giebelmauern mehr Stabilität erhielten, auch die Vorsorge getroffen war (Fig. 721) äußerlich 1,9^{m} (6′) vorspringende

Fig. 721.



Stützpfeiler gegen die Ecken zu legen, und denselben entsprechend die Baugrube zu erweitern. Es ließ sich vorläufig zur Beseitigung der eingetretenen Uebelstände nicht eher etwas thun, als bis die Bewegung des Untergrundes aufgehört hatte, und um dieses zu beschleunigen, wurden die betreffenden Stellen möglichst stark mit Baumaterialien belastet. Als der gewünschte Zeitpunkt der Ruhe eingetreten war, ließ man das Fundamentmauerwerk auf eine Länge von 19—22^{m} (60—70′), wo dasselbe eben am stärksten aus dem Lothe gewichen war, abtragen, alsdann senkrecht wieder aufmauern und endlich gegen die Frontmauer in der Tiefe der Fundamente noch drei solide Strebpfeiler setzen. Da sich nun weiter keine bedenkliche Erscheinungen zeigten, wurden die Umfassungsmauern und die innern Wände aufgeführt, dabei aber als weitere Sicherung auf beiden Giebelseiten des Locomotivraumes, welche bei einer Tiefe von 19^{m} (61′) durch 3 Thore von je 3,77^{m} (12′) lichter Weite durchbrochen sind, durchgehende eiserne Anker eingelegt, welche den Schub aufheben sollten. Außerdem erhielt jeder der 5,65^{m} (18′) von einander entfernt liegenden Dachbinderbalken starke Maueranker, welche nicht unwesentlich zur Stabilität der Frontwände beitragen.

Der Erfolg dieser Fundirung kann als wohl gelungen bezeichnet werden und wurden daher auch die übrigen Baulichkeiten unter Berücksichtigung der gemachten Erfahrungen in derselben Weise fundirt. Man ließ nun aber den Sandgrund bis zum nächsten Jahre sich setzen,

alsdann wurden beim Beginn des Baues 8 Kunstrammen in Thätigkeit gesetzt, die mittels 6—8 Centner schwerer Bären bei 3,77—3,14^m^ (12 und 10′) Fallhöhe den in einer Stärke von ca. 0,3^m^ (1′) aufgeschütteten Beton abrammten. Die Rammen werden auf Schwellen beweglich aufgestellt. Das Mischungsverhältniß des Betons war festgesetzt auf 20 Kubikfuß. (0,6^km^) hydraulischen Kalk, 5 Kubikfuß (0,15^km^) Ziegelmehl, 50 Kubikfuß (1,50^km^) Sand, 100 Kubikfuß (3^km^) Steine, zusammen 175 Kubikfuß, welche eine Schachruthe (ca. 4,4^km^) Beton gaben.

Der Rammklotz fiel wenigstens 6 mal auf jeden Punkt, wonach die Ramme etwas weiter geschoben wurde. Während des Rammens mußte der Beton ununterbrochen genäßt werden.

Durch diese Behandlung bekommen die Fundamente eine verhältnißmäßig solide Grundlage, jedoch nicht eine so feste, um es wagen zu können, die Pfeiler der Einfartsthore in dem nördlichen und südlichen Giebel unmmittelbar darauf zu stellen; es mußte hier eine besonders weit ausladende Basis aus Sandsteinquadern gebildet werden, wie Fig. 722 ersichtlich macht.

Ebenfalls erschien es nothwendig, damit die einzelnen Pfeiler eine gleichmäßige Belastung ausübten, dieselben mit Erdbögen zu verbinden, aus denselben Gründen, welche bei Fig. 715 bereits hervorgehoben wurden.

Wenn hier im Vorstehenden die Schilderung einer Fundirung gemacht wurde, welche erst nach vielen Schwierigkeiten und Aushülfen solide ward, so darf nicht übersehen werden, daß dieselbe gerade aus diesem Grunde für uns am lehrreichsten ist. Der Leser wird gefunden haben, daß größtentheils die schnelle Ausführung der Sandschüttung, welche sich noch nicht völlig gesetzt hatte, die ersten Widerwärtigkeiten verursachten. Möglichenfalls wird der vorhandene Sand auch nicht von der wünschenswerthen Güte gewesen sein.

Ferner war die Fundirung bei diesem Hohlbau (ohne Scheidewände) um so schwieriger, als durch das Schwanken der Bodenmassen und den Mangel an Verankerungen (Balken ꝛc.) eine Drehung der Mauermassen verursacht wurde, und in Folge dessen Strebepfeiler und größere Fundamentbasis nothwendig erschienen.

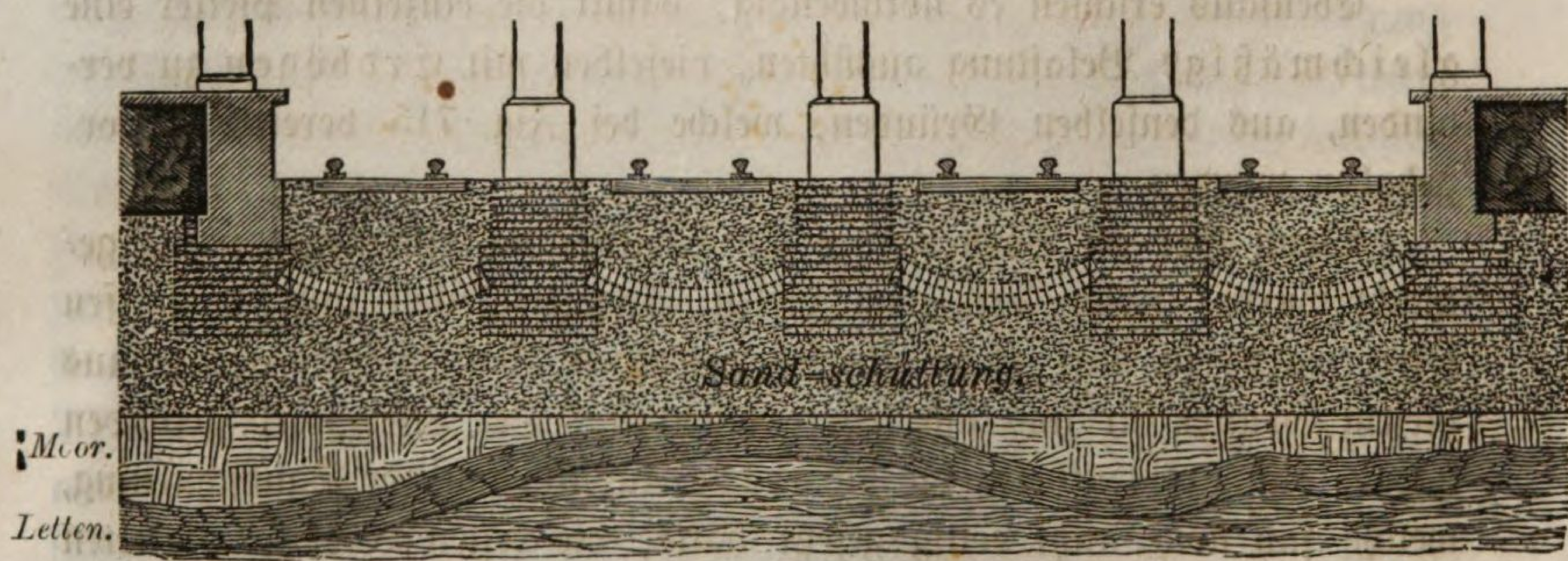
Diese Hülfsmittel sind bei allen derartigen Neubauten durchaus zu empfehlen; auch erhöht die erwähnte Betonschicht die Tragfähigkeit der Fundirung ganz bedeutend, obgleich erstere, bei sorgfältiger Ausführung der Sandschüttung, nicht unbedingt nothwendig ist.

Haben die zu fundirenden Gebäude einige Scheidewände, wie am häufigsten der Fall sein dürfte, so ist eine sorgfältig hergestellte tragbare Sandschüttung von etwa 2—4 m (7—13′) Mächtigkeit, falls der darunter befindliche Boden nicht sehr zusammenpreßbar ist, hinreichend; eine Schwankung der Bodenmassen ist dann durch den Druck der innern Mauern, sowie durch die Balkenveranferung nicht zu befürchten.

Eine andere, von der vorgenannten wesentlich verschiedenartige, Sandfundirung muß hier noch angeführt werden, weil sie unter Umständen wohl zu empfehlen ist.

Im Princip läßt sie sich mit der Pfeilerfundirung vergleichen und auch bei denselben Bodenverhältnissen (schwimmende Bodenmassen ausgenommen) anwenden; am zweckmäßigsten eignen sich aber die thonigen, lehmigen 2c. Bodenarten. Es werden mittels hölzerner Verstrebungen (wie Fig. 705) Schachte bis auf den tragbaren Boden hergestellt und diese mit Sand ausgefüllt. Unter stetigem Begießen und Abrammen

Fig. 722.



erhalten die Sandsäulen eine solche Tragfähigkeit, daß sie, mittels Gurtbögen verbunden und letztere oberhalb abgeglichen, 1—2stöckige Wohnhäuser zu tragen vermögen.

4. Die Fundirung auf Betonschüttung.

Eine noch wirksamere, aber auch kostspieligere Fundirungsart als die Sandfundirung erreicht man mit der Betonschüttung. Diese muß aber eine genügende Stärke besitzen und sehr sorgfältig in der ganzen Ausdehnung des Bauwerkes angelegt sein.

Die Verwendung kann in denselben Fällen vorkommen, wie bei Sandschüttung und liegendem Roste; sie ist besonders bei weichen Bodenarten diesen Fundirungen vorzuziehen, muß dann aber ebenfalls eine Spundwand zur Umgrenzung der Betonschicht erhalten.

Aber nicht nur bei weichen Bodenarten, sondern auch bei festeren Erdmassen, besonders bei solchen, welche keine gleichmäßige Dichtigkeit haben, um darauf schwere Gebäude zu setzen, können Betonschüttungen mit Erfolg angewendet werden, wie z. B. bei der Hamburger Kunsthalle geschehen ist.

Das Terrain bestand dort aus aufgeschüttetem Sand- und Lehmboden, welcher, durch Jahrhunderte abgelagert, eine bedeutende Festigkeit erlangt hat. Mannigfache Bohrungen ergaben zwar eine über 9,4^{m} (30′) reichende Mächtigkeit dieses Baugrundes, doch ließ die Verschiedenheit seiner Zusammensetzung ihn nicht als unmittelbar benutzbar erscheinen, weshalb die ganze Baugrube ausgeschachtet und mit Beton in einer Stärke von ca. 1,05^{m} (3$^{1}/_{4}$′) bedeckt wurde.

Derselbe erhielt folgende Zusammensetzung:

80 Theile kleingeschlagene Ziegelstücke,
20 Theile Sand,
12 Theile gelöschten Kalk,
3 Theile Portland-Cement.

Diese Mischung erfolgte durch Handarbeit. In 8 Wochen wurden von 20 Arbeitern ca. 2220^{km} (500 Schachtruthen) gelegt, deren Kosten p. Schachtruthe (4,4^{km}) 14 Thlr. betrugen.

Sollte Grundwasser vorhanden sein, so muß die Betonmischung mehr hydraulische Kalke enthalten, wie z. B. Portland-Cement, Traß oder auch Chalcedon-Cement.*)

Bei den Bauten der neuen Oderbrücke bei Cüstrin wurden drei Arten Beton verarbeitet:

1. Ein fetter Cement-Beton von dem Mischungsverhältniß:
Cement, Sand, Steine = 1 : 4 : 4;
2. Ein magerer Cement-Beton von dem Mischungsverhältniß:
Cement, Sand, Steine = 1 : 3 : 6;
3. Ein Cement-Kalk-Beton von dem Mischungsverhältniß:
Cement, Kalk, Sand, Steine = 1 : 1 : 4 : 8.

---

*) Derselbe wird aus Chalcedon (kalkhaltigem Feuerstein) gefertigt.

Diese Betonmischungen*) wurden aber im Wasser verwendet, es müssen demnach in feuchtem Boden noch die Sand- und Steinzusätze vergrößert werden.

Was die Stärke einer solchen Betonschicht anbelangt, so ist zu bemerken, daß dieselbe, selbst bei leichten Gebäuden, nicht unter 1 m (3¼′) betragen darf, damit die Uebertragung der Last gleichmäßig erfolgen kann. Im Allgemeinen nimmt man an, daß die Betonschüttung dieselbe Tragfähigkeit eines Schwellrostes oder einer Sandschüttung besitzen muß, da erstere aber eine einheitliche feste Masse bildet, so braucht sie auch nur eine geringere Dicke, als eine entsprechende Sandschicht.

Als Anhalt beim Projectiren geben wir die Notiz, daß für Gebäude mittlerer Größe und Belastung in weicher Bodenart eine 2 m (6⅓′) starke Betonschicht hinreichende Garantie bietet, wobei dann aber jedenfalls eine Verbreiterung der ganzen künstlichen Fundirung rings um das Bauwerk von ca. 2 m erfolgen muß. Bei größeren und schwereren Gebäuden erhält die Betonschicht eine entsprechend größere Verbreiterung und Stärke, während bei kleineren und leichteren Bauten das Entgegengesetzte stattfindet. Ebenfalls ist die Beschaffenheit des Erdbodens zu beachten, und thut man gut, bei schwimmender Erdart die nachfolgende Fundirungsmethode, oder die Senkbrunnen anzuwenden.

Die obengenannte Verbreitung darf überhaupt bei Betonfundirung niemals fehlen, weil durch die erstere die untere Fundamentsohle des Bauwerks vergrößert, und mithin die Druckvertheilungsfläche wesentlich vermehrt wird.

Die Betonfundirung findet in neuerer Zeit sehr häufig Verwendung, weil sie sämmtliche Vortheile der Sandfundirung und des liegenden Rostes besitzt, aber nicht die Nachtheile des letzteren (bis zum niedrigsten Wasserstand hinabgehen und dadurch theure Erdaushebungen) und der ersteren (geringen Zusammenhang) gezeigt hat.

Sehr oft stellt man mittels Betonschüttung eine Verdichtung des Bodens her, in derselben Weise, wie schon bei dem Sande mitgetheilt wurde.

---

*) Ueber die Bereitung und das Legen des Betons, siehe Menzel, der praktische Maurer; und Promnitz, der praktische Zimmermann.

5. Die Fundirung auf Pfahlrost.

Hat man im freien Wasser oder in schwimmenden Bodenarten in größerer Tiefe zu fundiren, so kommt sehr häufig, besonders bei fließendem Wasser, der Pfahlrost zur Anwendung.

Derselbe dringt mit seinen unteren Pfahlspitzen in den tragbaren Boden ein und nimmt mit der Oberfläche die Fundamente des Bauwerks auf, so daß er das ganze Gebäude vollständig unterstützt. Es würde zu weit führen, wollten wir genauer auf die Ausführung des Pfahlrostes eingehen, doch soll hier kurz alles das gesagt werden, was hinsichtlich der Hauptregeln zu bemerken ist.*)

Zunächst soll alles Holzwerk stets unter Wasser bleiben, indem es hierdurch allein vor dem Untergange bewahrt werden kann und, besonders Eichenholz, dann von fast unbegrenzter Dauer ist. Um aber den örtlichen Verhältnissen Rechnung zu tragen und den nachtheiligen Folgen eines späteren Sinkens des Wasserspiegels vorzubeugen, legt man am besten die Oberfläche des Rostes mindestens 0,5^{m} ($1^{3}/_{4}{}'$) unter den niedrigsten Wasserstand. Als Material zu den Pfählen dienen Eichen, Buchen, Fichten, Erlen 2c., die sämmtlich geradfaserig, gesund und unbeschlagen sein müssen, nur von der Rinde entblößt und frisch zur Verwendung kommen; ferner muß der Splint am Holze sitzen bleiben. Bei fließendem Wasser sind harte Hölzer, besonders Eichenholz zu verwenden, bei weniger starken Strömungen genügen auch die andern Holzarten.

Die Länge der Pfähle wird meist direct durch Einschlagen von Probepfählen ermittelt. Die Stärke steht im Verhältniß mit der Länge, indem die Piloten durch die aufgebrachte Last nicht rückwirkend gebogen werden dürfen. Die auf jeden einzelnen Pfahl kommende Last ergiebt sich durch Division des Gesammtgewichts des Bauwerks durch die Anzahl der Pfähle.

Die Tragfähigkeit derselben bestimmen theoretische Betrachtungen aus dem Gewicht des Pfahles, dem des Bärs, der Fallhöhe und der Tiefe des Eindringens.

Hinsichtlich dieser theoretischen Bestimmungen ist zu bemerken, daß die Resultate derselben nicht ganz sicher sind und nur annähernd genannt werden können, indem der erste Widerstand, den die Pfähle

*) Keine Gründung ist ausführlicher in Büchern über Constructionslehre beschrieben, wie die des Pfahlrostes, wir verweisen deshalb auf Promnitz, Holzbau 2c.

erfahren, nicht konstant bleibt und die das Eindringen besonders erschwerende Compression des Bodens im Laufe der Zeit sich ausgleicht und der Widerstand sich vermindern wird. Nur da, wo die Pfahlspitzen Felsen oder festen Kies erreichen, ist ihr Stand als gesichert anzusehen.

Anders dagegen verhält es sich schon, wenn in der Tiefe ein fester Sand oder Thon erreicht wird, in den die Pfähle so tief eindringen müssen, daß die Reibung sie im Gleichgewichte hält, wobei jene oben angedeuteten theoretischen Betrachtungen einen größeren Werth erhalten.

Die gedachte Ausgleichung der Compression findet besonders bei Thonboden statt, wodurch sich der Widerstand im Laufe der Zeit vermindert, während bei Sand die Compression ziemlich dieselbe bleibt, so daß hier, wie überhaupt bei jedem unelastischen Boden, der Pfahlrost vollkommen genügt, wenn die Pfähle bis zum gehörig festen Stand eingetrieben werden.

Es ist demnach klar, daß man sich aus den ersten Beobachtungen nicht auf die Tragfähigkeit des Pfahlrostes verlassen darf, sondern hier die Erfahrung zu Rathe ziehen muß.

Perronet giebt hierin die folgenden praktischen Notizen: Pfähle von 4,5—5,5^{m} (15—18′) Länge sollen eine mittlere Stärke von 26^{cm} (10″) erhalten.

Für jede 2^{m} (ca. 6′) weiter ist in weichem Grunde dieser Stärke 5^{cm} (2″) zuzusetzen, in festem dagegen nur 2$^{1}/_{2}$^{cm} (1″). Ferner soll ein Pfahl von 20—23^{cm} (8—9″) mittlerer Stärke höchstens mit 25000 Kilo oder 500 Centner, von 30^{cm} (12″) höchstens mit 50000 Kilo oder 1000 Centner belastet werden, und ist ein Pfahl nur dann als feststehend zu erachten, wenn er während mehrerer der letzten Hitzen nur noch 4—7^{mm} (2—3 Linien pr.) eindrang, ein weniger belasteter Pfahl ebenso bei 1,3—2,5^{cm} ($^{1}/_{2}$—1″).

Dabei ist der Rammklotz 300—350 Kilo (600—700 Pfund), für größere Pfähle bis 600 Kilo (1200 Pfund) schwer, die Hubhöhe 1,4^{m} (4$^{1}/_{2}$′) und beziehen sich die Angaben auf einen festen Boden.

Bei Anwendung der Kunstramme kann man dabei, im Vergleich mit der Zugramme, das Product aus der Anzahl der Schläge mit der Fallhöhe in der Wirkung annähernd gleichsetzen der Anzahl Schläge der Kunstramme, welche mit der respectiven Fallhöhe dasselbe Product ergeben, so daß z. B. ein Schlag einer Kunstramme von 6,28^{m} (20′) Hubhöhe dieselbe Wirkung hervorbringt, wie fünf Schläge der Zugramme bei 1,25^{m} (4′) Hubhöhe, vorausgesetzt, daß das Bärgewicht dasselbe ist.

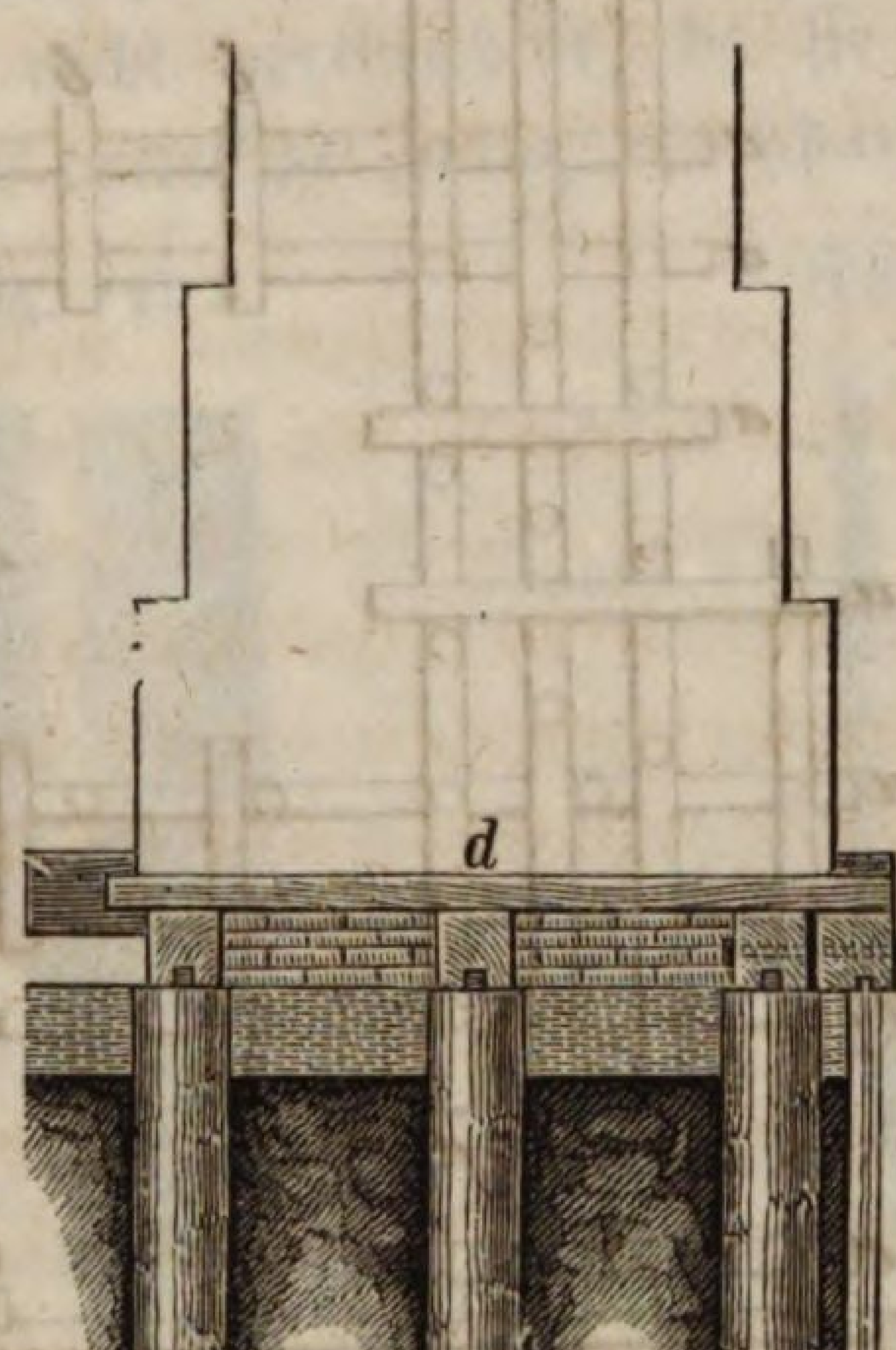
Es ist dies nicht ganz genau, indem der Effect der Kunstramme in der That etwas größer ist.

In durchgehend weichem Boden werden die Pfähle tiefer eingetrieben und weniger belastet (mit ca. 8 — 10,000 Kilo resp. 160 — 200 Centner).

Diese Maße, obgleich sie nur empirische Angaben sind, werden als gut mit der Praxis stimmend eingehalten.

Der am besten aus festem Holze, das sich seiner Breite nach wenig zusammendrückt, hergestellte Rost wird, wenn Wasser geschöpft und durch Fangedämme abgehalten wird, so aufgebracht, daß man nach oder vor dem Einrammen der Pfähle die Baugrube ca 0,4 — 0,6^{m} (1$\frac{1}{2}$ — 2′) zwischen den Pfählen vertieft, den Raum mit einem Thonschlage füllt, hiernach die Schwellen und Zangen verlegt, die einzelnen Rostfelder mit Steinen verpackt oder ausmauert, danach den Bohlenbelag d aufbringt und hierauf direct das Mauerwerk beginnt (Fig. 723).

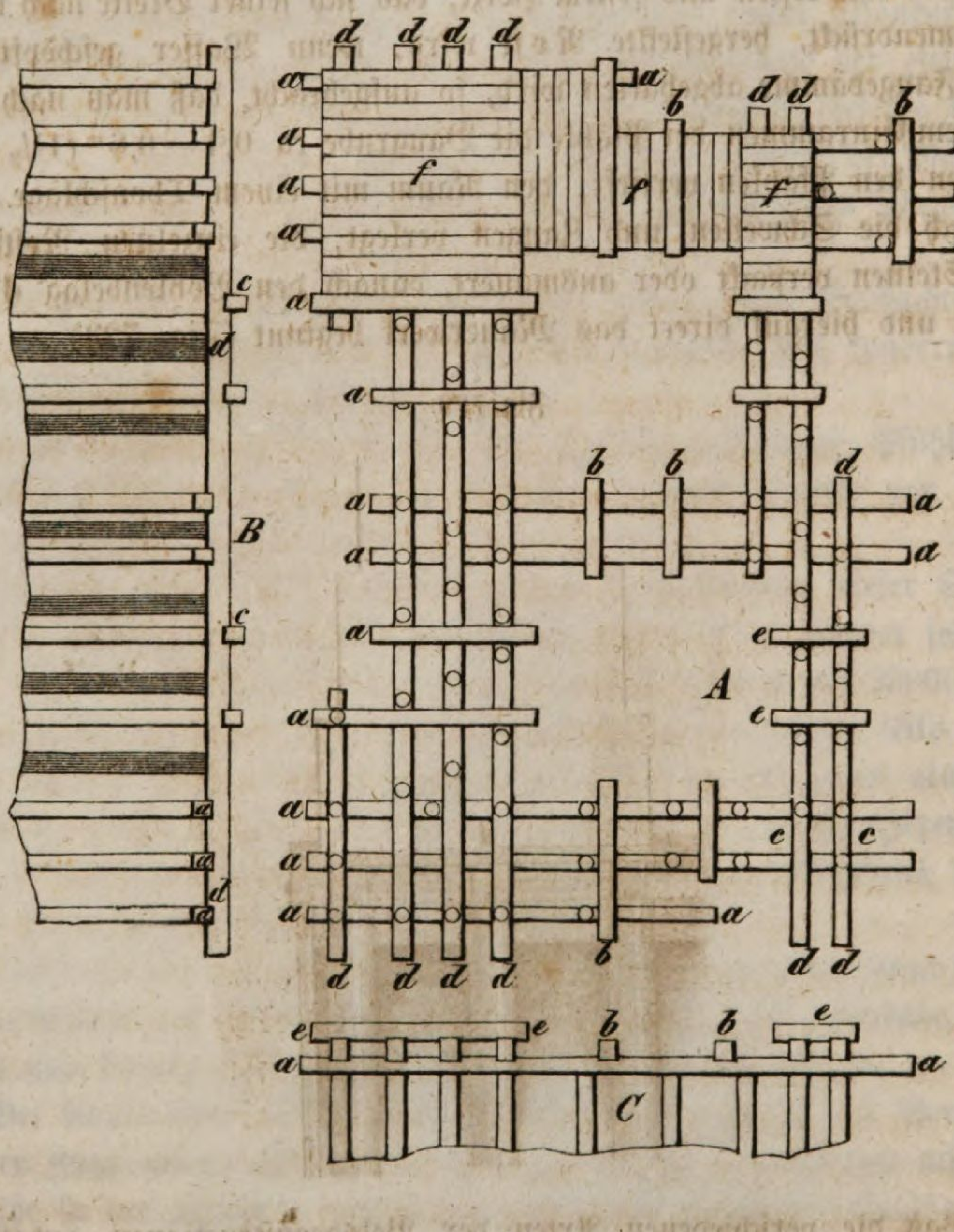
Fig. 723.



Was die verschiedenen Arten der Belagconstructionen anbetrifft, so verdient die gebräuchlichste Construction, zunächst über die Pfahlköpfe Langschwellen zu strecken und darüber die Querschwellen zu verkämmen und mit Bohlen zu belegen, als die solidere den Vorzug (siehe Fig. 724 A — C).

Das Weglassen der Belagbohlen f in Fig. 724 A, oder des ganzen Rostes, und in Folge dessen die Ausführung des Mauerwerks zwischen den Pfahlköpfen in directer Verbindung mit dem Fundamente, ist unzweckmäßig, da durch ein Setzen des preßbaren Bodens zwischen den Pfählen unter der direct übertragenen Last eine Störung des Verbandes in dem noch nicht erhärtetem Mauerwerke eintreten könnte.

Fig. 724.



Vor Unterspülung muß jeder Pfahlrost bei fließendem Wasser durch Steinwurf, Spundwände oder beide vereinigt, gesichert werden. Die umgebende Spundwand wird am besten außerhalb vor dem Einrammen der Pfahlreihe gesetzt; die Herstellung der Spundwand vor

dem Einrammen der Pfähle verhindert nicht allein sehr wirksam einen starken Wasserzudrang, sondern befördert wesentlich die Compression der durch sie vollkommen gepackten Erdmasse.

Hinsichtlich der Grundrißanordnung des Rostes ist zu bemerken, daß die Pfähle entweder in durchgehenden Reihen von 0,8—1,6^{m} ($2^1/_2$—5′) Entfernung und in Abständen von 1—1,6^{m} ($3^1/_3$—5′) einander gegenüberstehen, oder so gesetzt werden, daß die Pfähle der ersten und dritten Reihe korrespondiren, die der zweiten, vierten rc. auf die Mitte der vorigen treffen. Letzteres gewährt hinsichtlich der gleichmäßigen Verdichtung des Bodens, der bequemern Rammarbeiten rc. einigen Vortheil, jedoch treffen dabei die Zangen nicht auf alle Pfahlköpfe. Fig. 724 A B C zeigt die Gesammtanlage eines Pfahlrostes, bei Kreuzungen mehrerer Mauern in verschiedenen Stärken; a sind die Holme über den Pfählen der Querwände, hierüber liegen die Zangen b und die Holme d der Zangwände, welche wiederum durch Zangen e gefaßt werden; f stellt den Bohlenbelag dar. Was die Stellung der Pfähle betrifft, so wird im Allgemeinen das Zopfende nach unten zu nehmen sein. Die Spitzen werden rund, drei- oder viereckig ausgeführt. Erstere ist nicht vortheilhaft, da sie das Drehen begünstigt, desgleichen nicht eine dreieckige Form, der scharfen Kanten wegen. Das

Fig. 725 A.



Fig. 725 B.



Ende der, je nach der Festigkeit des Bodens 1—2 Pfahldurchmesser langen Spitze wird durch eine kleine Pyramide abgestützt. Nur in sehr festem Boden ist endlich das Ende mit einem eisernen Schuhe zu versehen (Fig. 725 A und B.)

Ist das Wasser nur schwierig auszuschöpfen, so legt man entweder den Rost in die Nähe des niedrigsten Wasserspiegels 0,6^{m} oder 2′ tiefer oder treibt die Pfähle mit Hülfe des Aufsetzers tiefer unter das Wasser ein und bringt, nachdem sie mit der Grundsäge abgeschnitten sind, einen Caisson (Senkkasten) darauf.

Derselbe kann sowohl aus Holz, als auch aus Eisen gebildet werden, bei hölzernen Senkkasten wird der Boden am besten aus einer dichten Balkenlage gebildet, wodurch man erreicht, daß alle Pfähle, wenn sie auch aus der Linie gewichen sind, doch vollständig zum Tragen kommen.

Am zweckmäßigsten ist es den Caisson unmittelbar durch Belasten zu versenken und in die richtige Lage auf die Fundamentfläche (Rost) zu bringen.

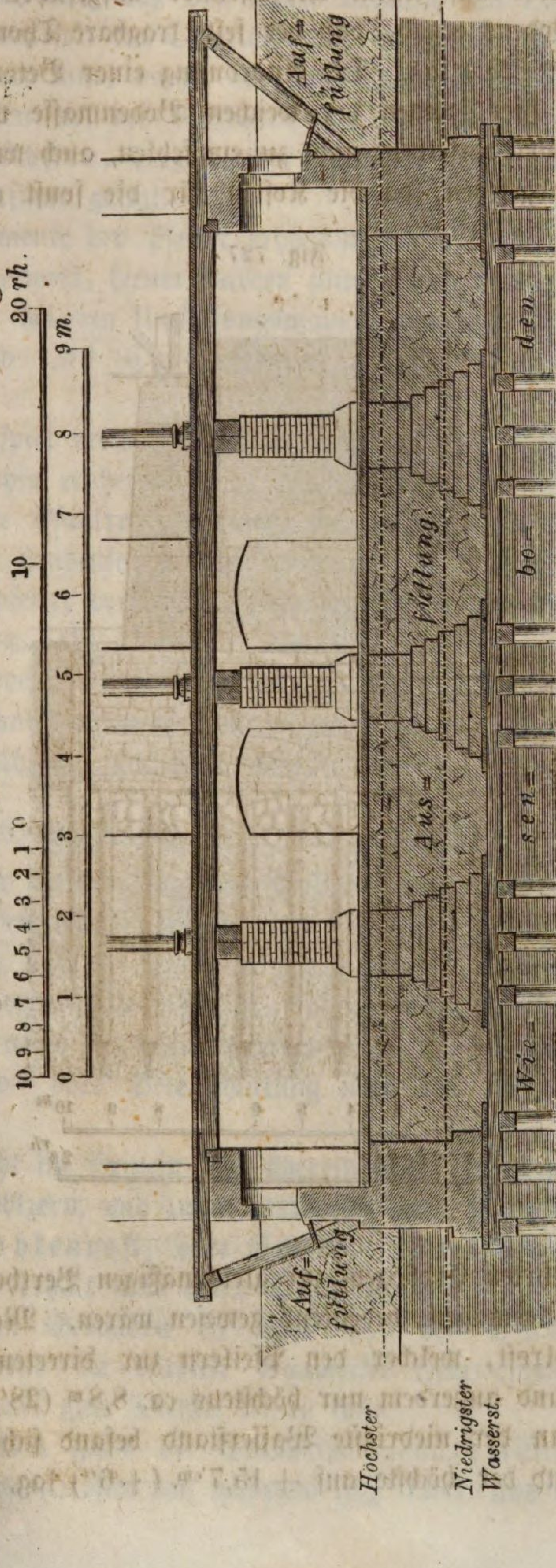
Die Dimensionen der Caissons bestimmen sich nach der Größe des darin aufzuführenden Mauerwerks; für bedeutende Längen muß natürlicherweise eine Trennung stattfinden und versenkt man dann zunächst einzelne kleinere Caissons, die demnächst durch das Entfernen der eingesetzten Zwischenstücke zu einem Ganzen verbunden werden.

Die Seitenwände des Caissons sind beweglich und werden durch Haken und Schraubenbolzen mit dem Boden verbunden und nach Vollendung der Arbeit entfernt, so daß schließlich die massiven Fundamente frei im Wasser, auf dem Boden des Caissons, welcher gleichzeitig den Belag des Pfahlrostes bildet, stehen bleiben. Eine nähere Erläuterung dieser Caissons mittels Zeichnung können wir uns hier ersparen, da dieselben im Hochbau nur äußerst selten vorkommen.

Ist der feste Boden erst in einer so großen Tiefe gelagert, als daß er erreicht werden könnte, so kommen zunächst alle die bisher angeführten Constructionen des Pfahlrostes unter denselben Umständen, wie vorhin in Anwendung. Zwar verliert dadurch die Pilotage ihre eigentliche Bedeutung als unmittelbare Stütze den Druck ähnlich den Pfeilern zu übertragen; indessen wird durch das Einrammen der Pfähle eine solche Compression erzeugt, daß die Last durch die Reibung getragen werden kann. Ungemeine Vorsicht ist natürlich bei dieser Anwendung des Pfahlrostes erforderlich, damit nicht im Verlaufe der Zeit, besonders bei elastischem Boden, in Folge der Ausgleichung der Compression ein Senken eintritt.

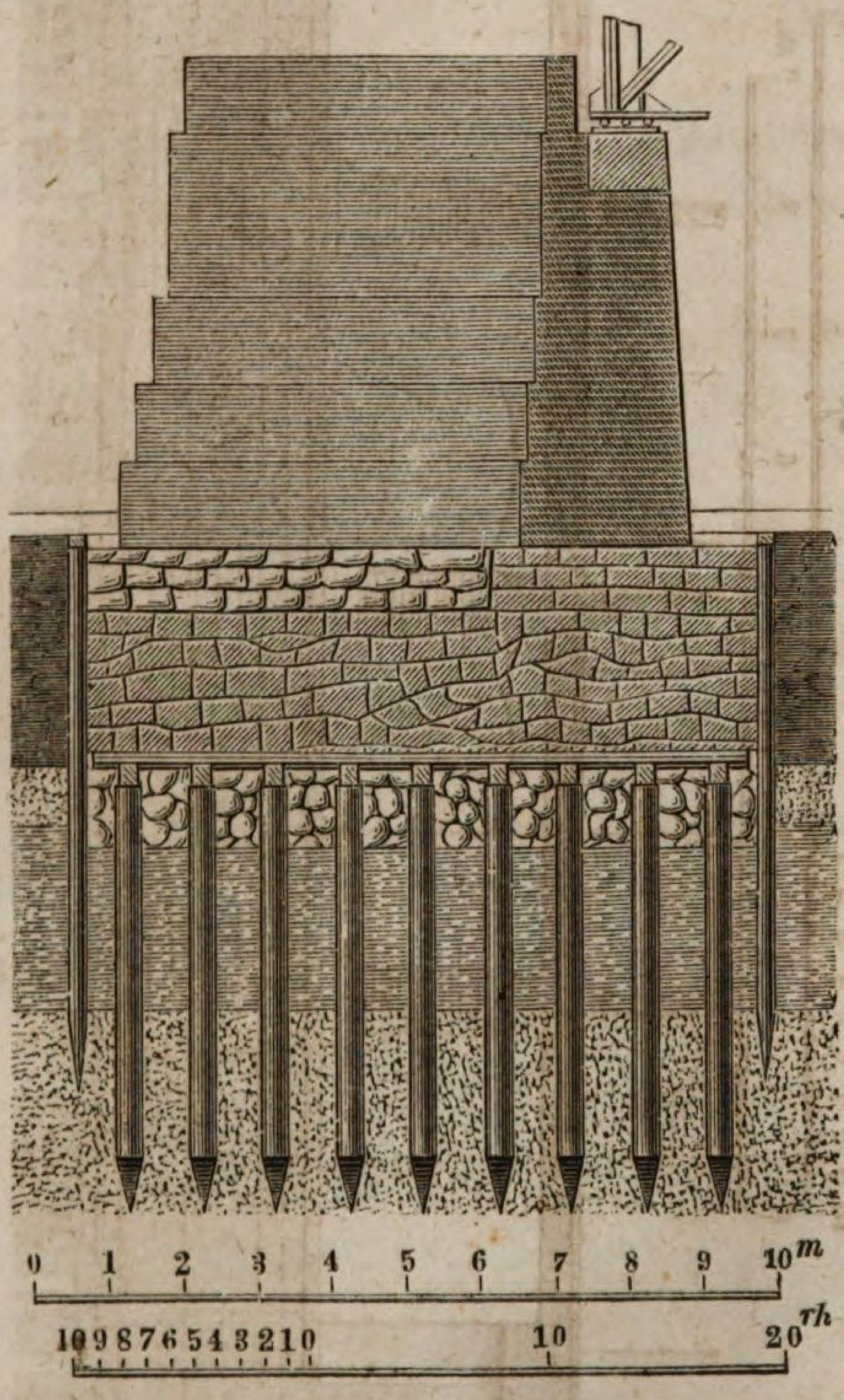
Als Beispiel der Anwendung eines Pfahlrostes sei hier Fig. 726 vorgeführt. Das Gebäude ist ein Bahnhofsspeicher, hat drei Stock-

Fig. 726.


20 rh.
9 m.
10
0
Auf=füllung
Aus=füllung
Wiesenboden.
25/25 cm.
Höchster
Niedrigster Wasserst.

werke und wurde auf einem Moorgrunde aufgeführt. Die Untersuchung des Bodens ergab, daß der feste tragbare Thonboden in einer Tiefe von 7,8^{m} (25′) lag. Die Anordnung einer Beton- resp. Sandschüttung war hier, wegen der weichen Bodenmasse und der bedeutenden Mächtigkeit derselben, nicht zu empfehlen, auch wurde von einem Schwellroste abgesehen, da die Kosten für die sonst erforderlich ge-

Fig. 727.



wesenen umgekehrten Erdbögen, zur gleichmäßigen Vertheilung der einzelnen Pfeilerbelastungen, bedeutend gewesen wären. Man wählte hier also den Pfahlrost, welcher den Pfeilern zur directen Unterstützung dienen konnte und außerdem nur höchstens ca. 8,8^{m} (28′) lange Pfähle erforderte, denn der niedrigste Wasserstand befand sich auf — 0,62^{m} (—2′), während der höchste auf + 15,7^{cm} (+6″) lag. Ferner trat

noch der Umstand ein, daß das ganze Terrain um $1{,}9^{m}$ (6′) erhöht werden mußte, um mit der Oberfläche der Bahnkrone in einer Höhe zu liegen. Es wurde nun, damit der Keller auch beim höchsten Wasserstand stets trocken sei, der Fußboden des Speicherkellers noch $0{,}31^{m}$ (1′) über den höchsten, hingegen der Pfahlrost $0{,}62^{m}$ (2′) unter den tiefsten Wasserstand gelegt.

Die Fundamente der Pfeiler erhielten eine bedeutende Verbreitung in Backsteinmauerwerk, ferner wurden unter jeden Pfeiler neun Pfähle in drei Reihen, bei den Umfassungsmauern hingegen sechs Pfähle in zwei Reihen und $1{,}9^{m}$ (6′) Entfernung mit 26^{cm} (10″) Durchmesser aufgestellt.

Dieses Beispiel erklärt sich von selbst, so daß eine weitere Beschreibung unnöthig erscheint.

Eine andere Pfahlrostfundirung, welche bei einem Eckpfeiler der Brücke über den Fladensee angewendet wurde, stellt Fig. 727 dar, bei dem andern Eckpfeiler derselben Brücke erhielt die Sandfundirung den Vorzug (siehe Fig. 719).

Die verschiedenen Bodenarten sind in Fig. 727 eingeschrieben, auch ist das ganze Fundirungsverfahren in der Zeichnung ebenfalls deutlich ersichtlich, weshalb wir hier keine weitere Beschreibung folgen lassen.

6. Fundirung auf dem liegenden Rost.

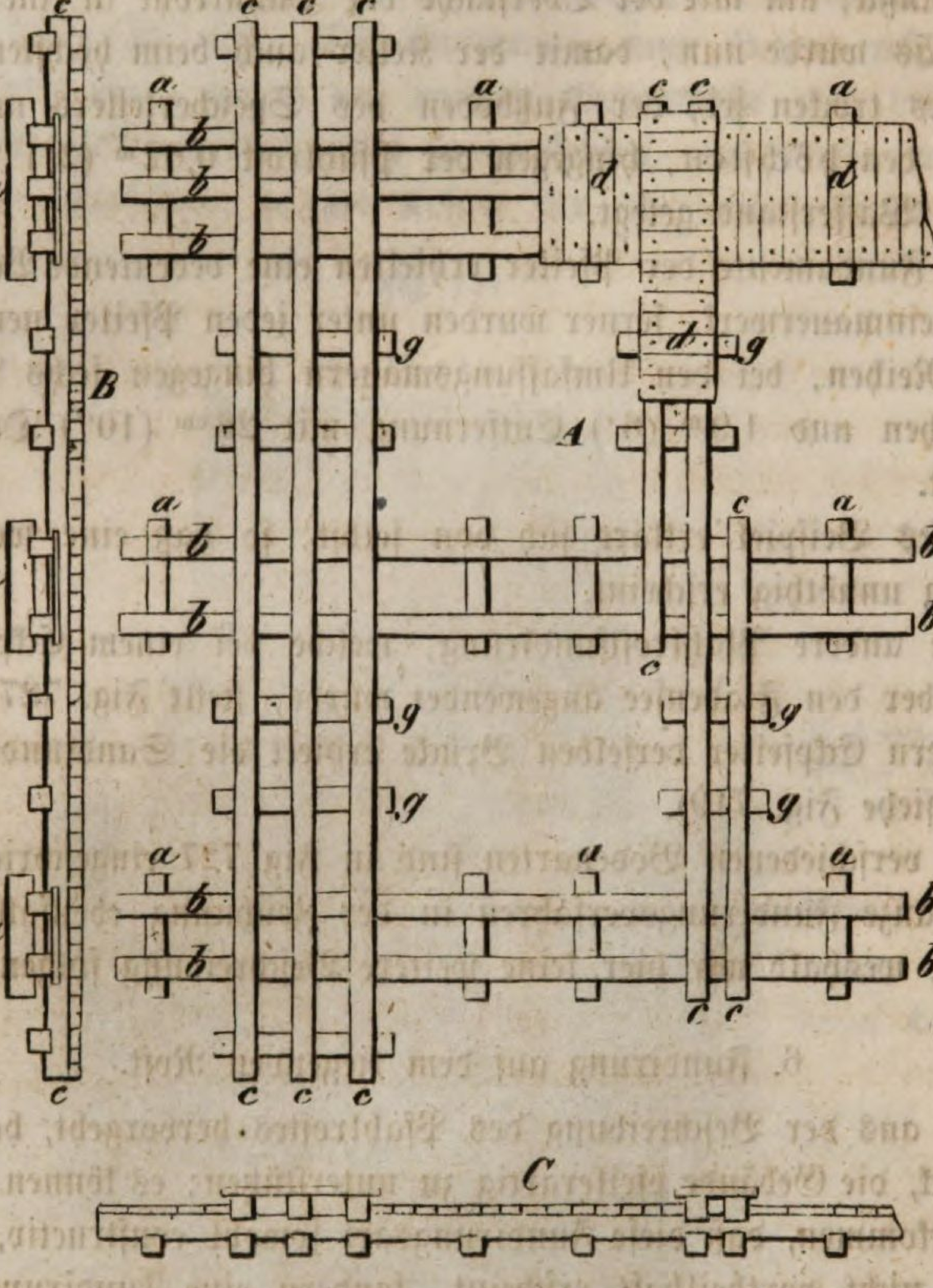
Wie aus der Beschreibung des Pfahlrostes hervorgeht, hatte dieser den Zweck, die Gebäude pfeilerartig zu unterstützen; es können aber auch Fälle vorkommen, daß diese Fundirungsart sowohl constructiv, als auch pecuniär nicht vortheilhaft erscheint, sondern eine Fundirungsmethode mit breiter Basis empfehlenswerther sein würde. Man kann dann außer der Sand- oder Betonschüttung noch den liegenden Rost anwenden.

Dieser besteht im Princip aus übereinander sich kreuzenden horizontalliegenden Hölzern, und zwar, verwendet man starke Bohlen, dann entsteht ein Bohlenrost, oder Schwellen ($15-20^{cm}$ oder 6—8″ starke Hölzer), so erhält man einen Schwellrost.

Bei größeren Gebäuden ist wohl nur der Schwellrost zu empfehlen, während bei leichten Bauwerken (Futtermauern ꝛc.) der Bohlenrost ebenfalls gute Dienste leisten kann.

Die Fig. 728 A giebt die Grundrißanordnung (Ecke eines Gebäudes) eines Schwellrostes an, während Fig. 728 B und C die Höhen-

Fig. 728 A—C.



ansichten zeigen; hierbei sind a die Querschwellen oder Zangen und b die Langschwellen, die 0,62—1,25^m (2—4′) von einander abstehen und mit den Querschwellen a verkämmt werden.

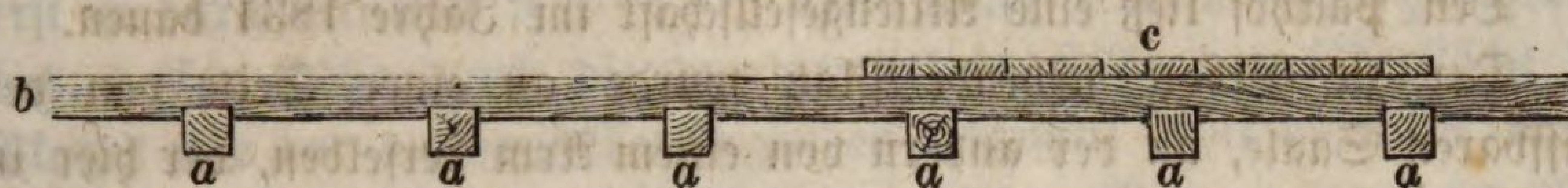
Bei Kreuzungen von Mauern (Front- und Scheidemauern ꝛc.) überdecken sich die verschiedenen Rostlagen so, daß b die Querschwellen für die Langschwellen c werden, und zur Unterstützung der letzteren die Querschwellen g nothwendig sind; schließlich wird der ganze Rost mit 5—8^cm (2—3″) starken Bohlen d belegt.

Zweckmäßig ist es auch an den Hauptkreuzungspunkten die Lang- und Querschwellen miteinander zu verbolzen.

In Fig. 728 D, E und F ist der Schwellrost in größerem Maßstabe gegeben und zwar in Verbindung mit einer Spundwand. Hier-

bei sind die Querschwellen oder Zangen, welche in Entfernung von 1,25—1,9 m (4—5') liegen mit a, die Langschwellen mit b und der Bohlenbelag mit c bezeichnet.

Fig. 728 D.



Bei den Kreuzungen der Frontmauern (also an den Ecken der Gebäude), sowie der Mittel- oder Scheidewände mit den Umfassungsmauern müssen die Rostlagen länger sein, damit der Druck dort besser vertheilt werde. Ferner ist als Hauptregel zu beachten, daß der liegende Rost mindestens 0,3 m (1') unter dem niedrigsten Wasserstand liegen und vor Unterspülung durch eine Spundwand, welche aber durchaus keine Belastung erhalten darf, gesichert sein muß.

Fig. 728 E

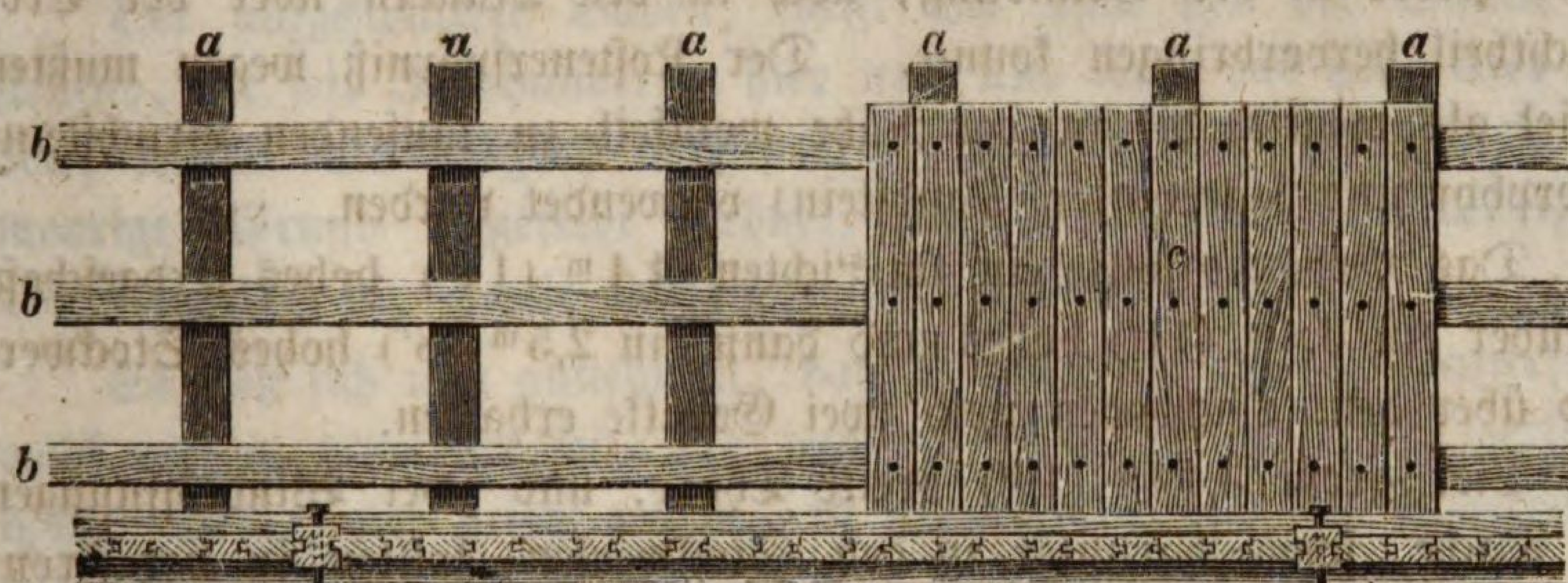
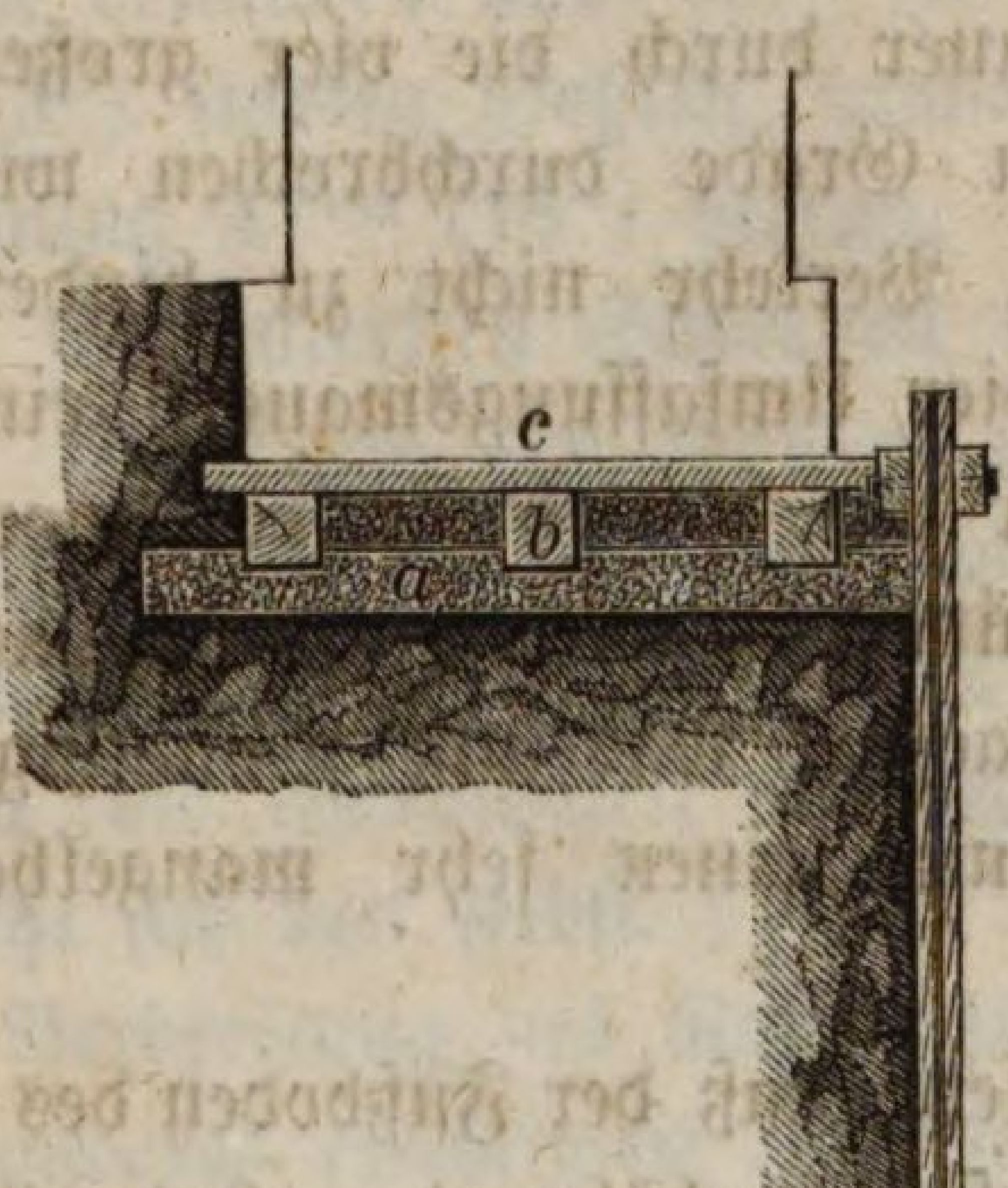


Fig. 728 F.



Nachdem diese Bemerkungen vorangeschickt worden, lassen wir hier die Rostfundirung des Packhofs in Halle a/Saale (von Baurath Stapel in der Romberg'schen Zeitschrift mitgetheilt) folgen, da dieselbe bei andern Ausführungen als Beispiel dienen kann (siehe Fig. 729—731).

Den Packhof ließ eine Aktiengesellschaft im Jahre 1834 bauen.

Der zu Gebote stehende Platz wurde an einer Seite von der schiffbaren Saale, an der andern von einem Arm derselben, der hier in den Hauptfluß einmündet, begrenzt. Diese Seite sollte eine 28,25 m (90') lange Futtermauer von 4,7 m (15') Höhe über dem niedrigsten Wasser, jene ein Bollwerk von derselben Höhe erhalten.

Bei der Herstellung des Speichers war die Aufgabe gestellt, unter größester Schonung der Geldmittel und Zeit, so fest und dauerhaft zu bauen, daß die stete und oft ungewöhnlich starke Belastung des Speichers weder in der Gründung, noch in den Mauern über der Erde Nachtheil hervorbringen konnte. Der Kostenersparniß wegen mußten soviel als möglich die in der Nähe wohlfeil zu kaufenden Bruchsteine (Porphyr und lagerhafter Sandstein) verwendet werden.

Das Gebäude sollte ein im Lichten 4,4 m (14') hohes Erdgeschoß, darüber ein 3,4 m (11') hohes und dann ein 2,5 m (8') hohes Stockwerk und über dem Dachboden noch zwei Gebälke erhalten.

Vier große 3,14 m (10') breite Thore, und zwei Windeöffnungen im Dache, sowie darunter in den Stockwerken, sollten in der Front angebracht werden, desgleichen zwei 3,14 m (10') breite Oeffnungen in der Kellermauer. Da die Hinterfront längs einer Straße lag, so durfte dieselbe weder Thüren noch Fenster, höchstens ganz kleine Luftöffnungen für die Keller, bekommen. Für den gewölbten Keller waren ca. 2,8 m (9') lichte Höhe bestimmt, und schließlich sollte das Gebäude, trotzdem die Vordermauer durch die vier großen Oeffnungen in der Kellermauer in hohem Grade durchbrochen wurden, der Ersparniß wegen, sowie um den Verkehr nicht zu hindern, keine Querwände erhalten, so daß die vier Umfassungsmauern einen hohlen Raum bildeten. Es mußte daher um so mehr in der Anordnung der Gründung Alles geschehen, was nützlich sein konnte, um das Gebäude nach Möglichkeit standhaft zu machen, was um so nöthiger war, als die vorhandenen Bruchsteine nur einen sehr mangelhaften Verband geben konnten.

Endlich war festgesetzt, daß der Fußboden des Erdgeschosses sich nur 0,3 m (1') über der Hofpflasterhöhe oder 8 cm (3") über dem höchsten

bekannten Wasserstand befinden sollte. Die Tiefe des Gebäudes im Aeußern beträgt 15,7^m^ (50′) und die Länge 45,40^m^ (144½′).

Die Bohrversuche hatten nun ergeben, daß ein fester Sandgrund erst in durchschnittlich 9,40^m^ (30′) Tiefe unter dem künftigen Hofpflaster lag, dessen Höhe durch die durchschnittliche Höhe der Oberfläche des Platzes und der an demselben liegenden Straßen, sowie durch die Grenze des höchsten Wasserstandes festgesetzt wurde. Bis zu ca. 6,6^m^ (21′) Tiefe reichte der aufgeschüttete Boden, und darunter lag etwa 2,8^m^ (9′) hoch auf dem Sande ein fetter Moorboden von ziemlich gleichmäßiger Dichtigkeit.

In einer Tiefe von 6,42^m^ (20½′) befand sich der niedrigste bekannte Wasserstand der Saale.

Der aufgeschüttete Boden, meist aus Asche von der Saline bestehend, die seit Jahrhunderten hier nach und nach das hohe Ufer bildete, wurde nun gänzlich ausgegraben, und in 6,6^m^ (21′) Tiefe der moorige Grund wagerecht geebnet, was wegen des allerniedrigsten Wasserstandes der Saale leicht geschehen konnte.

Es ließ sich nun annehmen, daß ein viel niedrigerer Wasserstand wohl nie zu erwarten sei, und daß der Rost, wenn seine Oberfläche 6,42^m^ (20½′) tief gelegt wurde, in jedem Falle vor dem Austrocknen und Faulen geschützt lag.

Es mußte aber auch auf die Senkung des Rostes durch die Last des Gebäudes gerechnet werden, und dieses Maß ließ sich allerdings blos durch ungefähre Schätzung feststellen, nämlich im Ganzen 16^cm^ (6″).

Die Rostschwellen bestanden aus 16^cm^ (6″) starken Hölzern, der Belag aus ca. 8^cm^ (3″) starken Bohlen, wonach die ganze Höhe des Rostes excl. Verkämmung 47^cm^ (18″) betrug.

Es wurden nun die untersten Schwellen in den geebneten Boden versenkt, so daß die Oberkante der Bohlen in 6,28^m^ (20′) Tiefe zu liegen kam, die sich dann nach vollbrachter Senkung von 16^cm^ (6″) auf 6,42^m^ (20½′) stellen mußte. Daß hierbei in der morastigen Grundgrube nicht alles auf die Genauigkeit einiger Centimeter ausgeführt werden konnte, versteht sich von selbst.

Da eine große Verbreitung des Rostes und des darauf liegenden Mauerwerks von besonderer Wichtigkeit war, so wurden im Banket die Umfassungsmauern 2,46^m^ (7′ 10″) und die innern Mauern 2,36^m^

(7½') stark gemacht, während der unterste Theil der Mauer bezüglich 1,98 m (6' 4") und 1,88 m (6') zur Breite erhielt.

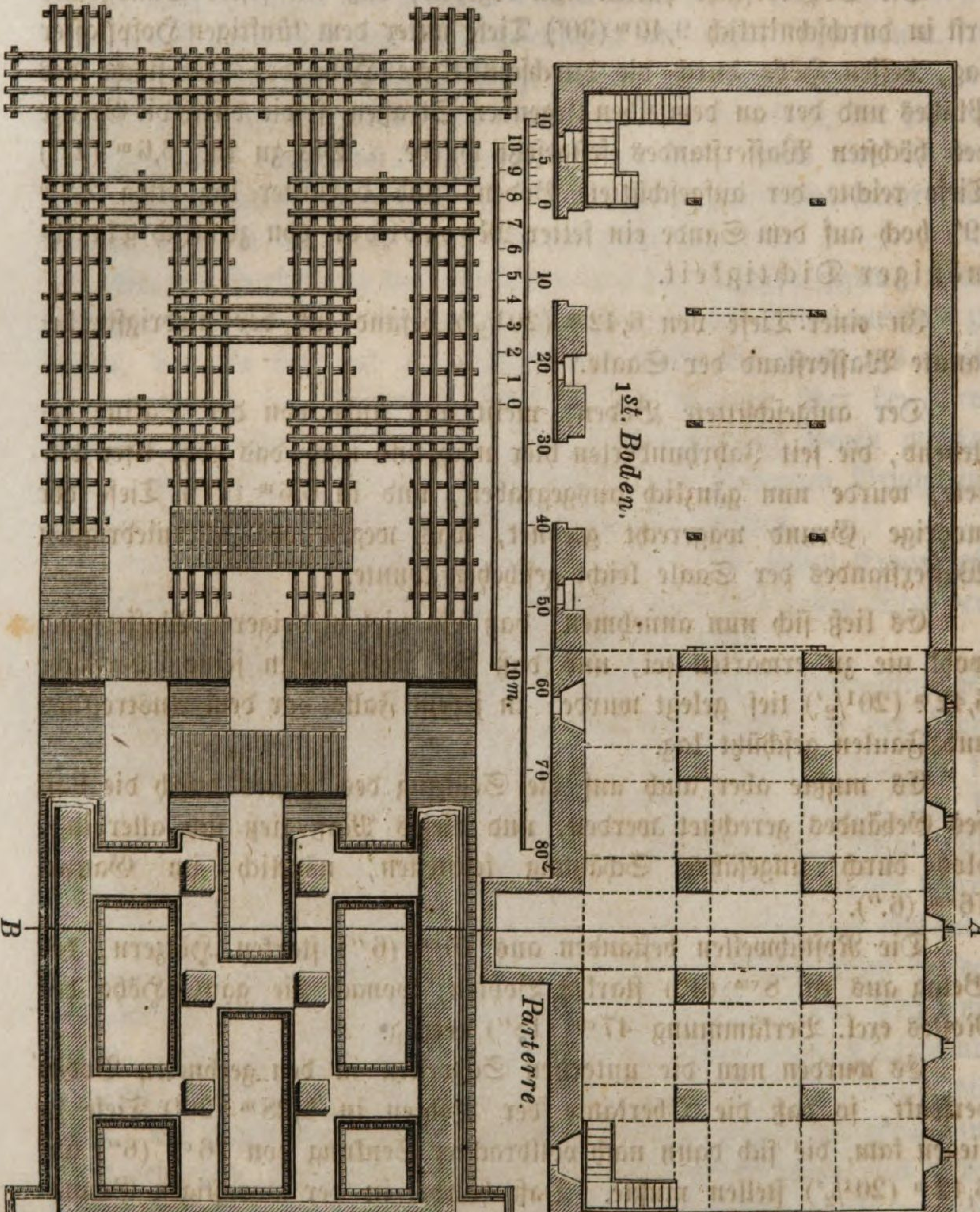


Fig. 729 und 730.

Wie nun in Fig. 729 zu sehen ist, wurden zunächst die Querschwellen unter den beiden Frontmauern und den Grundmauern der

beiden Kellerreihen, über denen die Unterzugsständer des Oberbaues zu stehen kommen sollten, in gleicher Höhe und 1,46 m (4 2/3') von Mitte zu Mitte von einander gelegt; darauf wurden je vier Stück Langschwellen verkämmt, so daß die beiden äußeren von Mitte zu Mitte bezüglich 1,98 m (6' 4") und 1,88 m (6') von einander entfernt lagen.

Zwischen die Langschwellen kamen nun wieder einzelne Querschwellen für die Giebelmauern und die Mauern, die den Querverband zwischen den Pfeilermauern unter sich und mit den Fronten im Grundbau bilden sollten, und auf diese Schwellen verlegte und verkämmte man wieder Langschwellen wie vorhin.

Der Ersparniß wegen gingen diese Querroste nicht von Front zu Front quer durch, sondern lagen abwechselnd; dagegen war es nothwendig, die Front- und Giebelmauern im Fundamente an den Ecken um 1,9 m (6') vorspringen zu lassen, danach auch den Rost einzurichten und die Mauern in dieser Länge 3,14 m (10') hoch als eine Art Strebepfeiler für die Ecken aufzuführen.

Nach Beendigung dieser Arbeiten ließ man nicht nur den Boden der Baugrube bis zur Oberkante der Schwellen mit der ausgegrabenen Grundmasse auffüllen und besonders zwischen, sowie unter und mittelbar neben denselben so fest als möglich einstampfen, sondern auch, um alles recht dicht zu bekommen, die Erde in die engeren Zwischenräume einspülen.

Danach kam quer auf die Langschwellen der ca. 8 cm (3") starke Bohlenbelag. So war denn der ganze Rost zur Uebermauerung vorbereitet und mußte jetzt das Hauptaugenmerk auf die möglichst gleichmäßige Aufführung des Grundmauerwerks an allen Seiten des Gebäudes gerichtet sein, was auch bis zur Höhe des künftigen Hofpflasters, also über 6,3 m (20') geschah.

Nach angestellten Messungen hatte sich das Gebäude an einer Seite 17 cm (6 1/2"), an der andern 18 cm (7") gesetzt; nachdem der Bau aber vollendet, war allenthalben fast genau eine Senkung von 21 cm (8") vorhanden.

Dasselbe Maß fand Herr Stapel auch nach Jahr und Tag, selbst nachdem das Gebäude schon lange mit schweren Waaren angefüllt war.

Fig. 729 zeigt deutlich den ganzen Grundbau vom Roste bis zur Kellersohle hinauf in verschiedenen Stufen seiner Vollendung.

Die Kappengewölbe (Fig. 731) sind 0,32 m (1') stark und bestehen aus glattigbrechenden Sandbruchsteinen, hingegen ließ man die Ge-

wölbepfeiler aus Sandstein und die Gurtbögen aus Backstein 2 Stein hoch anfertigen. Zu dem Kellermauerwerk, sowie den Mauern des Parterres, fanden unregelmäßige Porphyrsteine (jedoch Sandstein-Quadern zu den Hauptecken) Verwendung.

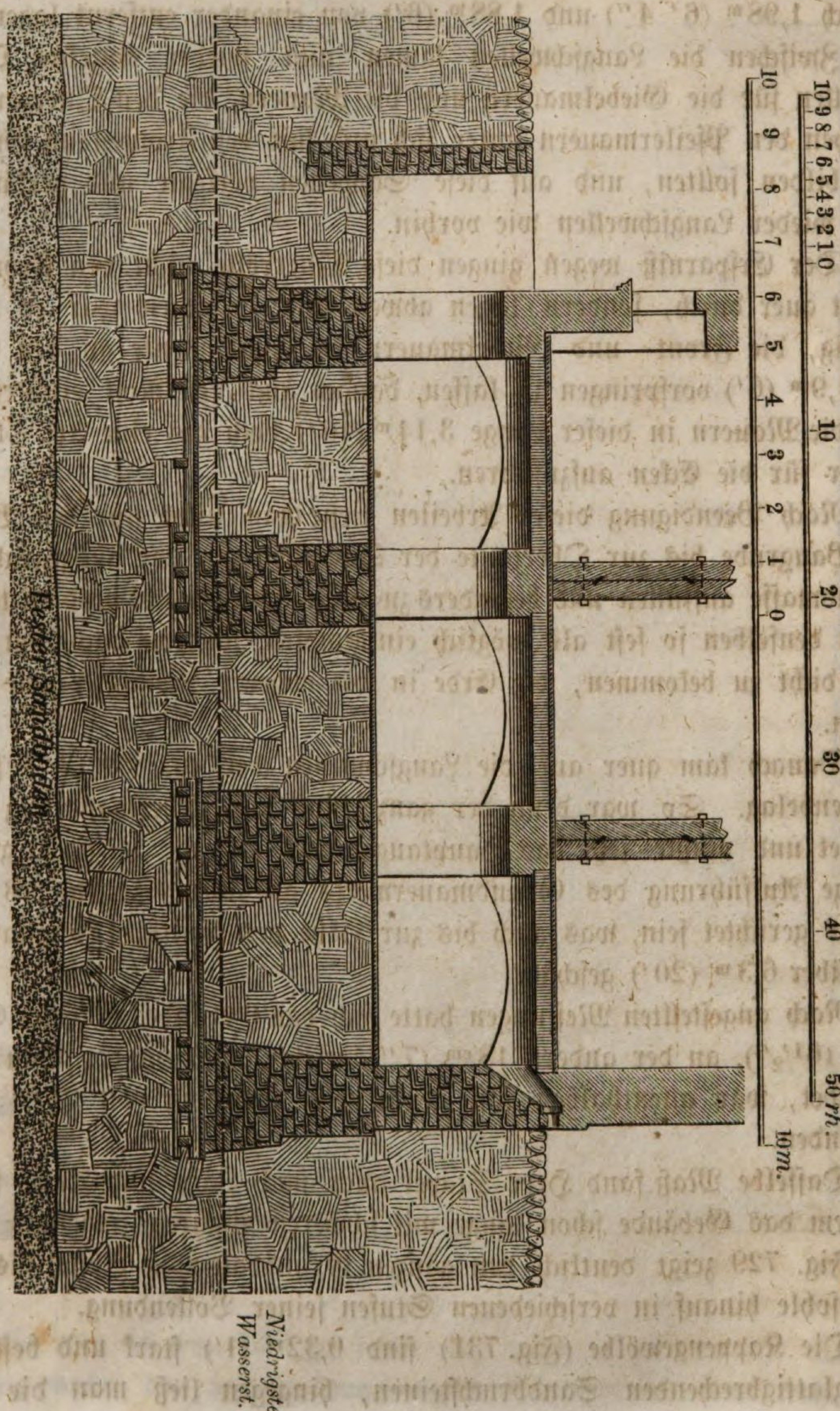
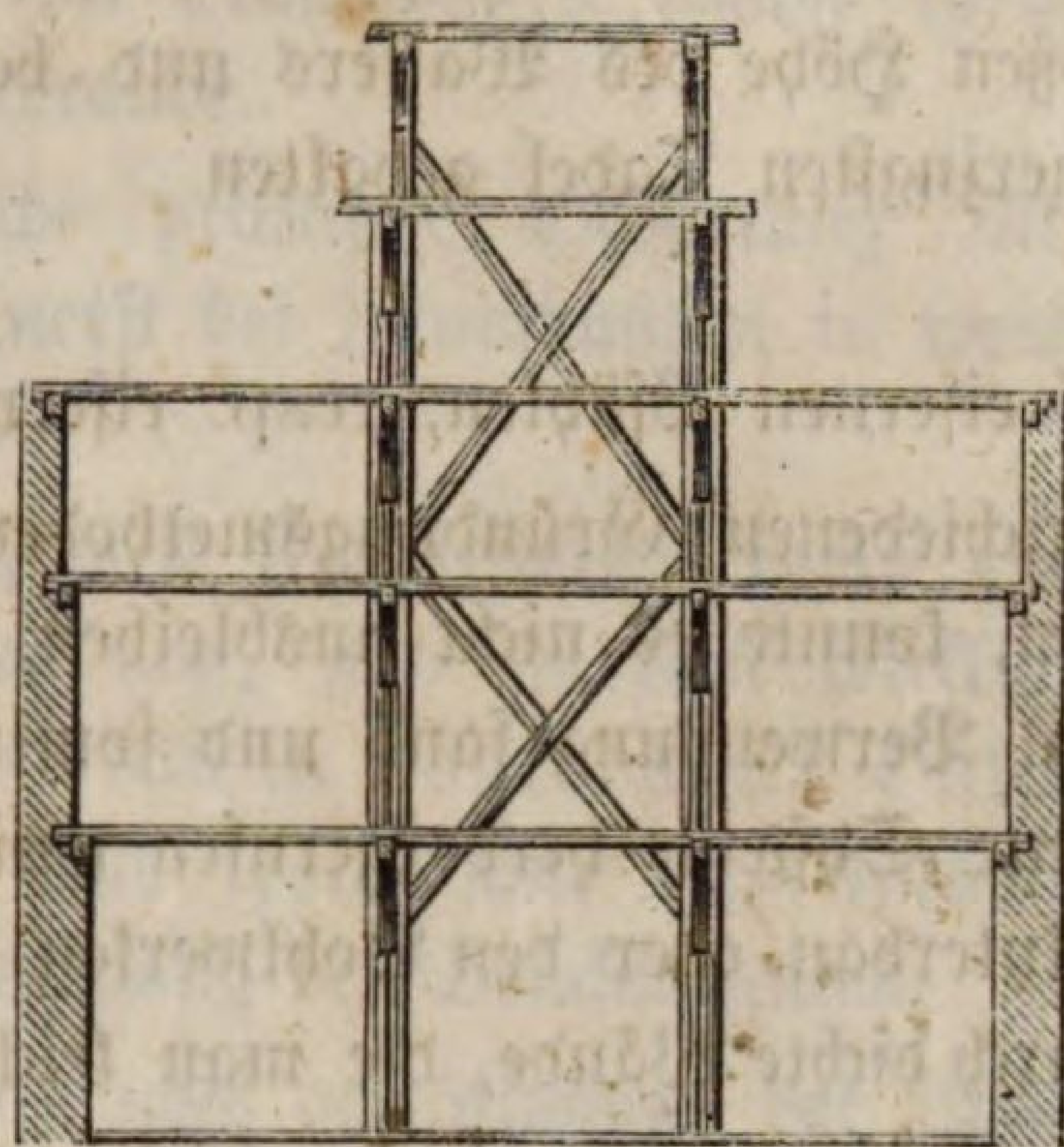


Fig. 731.

Durch die Balken und Träger erreichte man in jeder Etage die gehörige Verankerung, welche noch wesentlich durch Versteifung (Fig. 732) der durchgehenden hölzernen Doppelständer mittels Andreaskreuzen vermehrt wurde.

Fig. 732.



Die Technik des Gebäudes hat sich so gut und zweckmäßig erwiesen, daß nach 30 Jahren nicht der geringste Sprung in den Mauern bemerkbar war.

Die Anordnung des Bohlenrostes ist im Wesentlichen von der des Schwellrostes nicht sehr abweichend, nur daß, anstatt der Schwellhölzer, Bohlen verwendet werden. Im Nachstehenden wird die Fundirung der oben erwähnten Futtermauer besprochen, welche 28,25 m (90′) lang und 4,7 m (15′) hoch über dem niedrigsten Wasserstand, einen Saalarm und den Packhof, dem Speicher gegenüber, begrenzt.

Der Baugrund bestand aus einer ziemlich festen mageren Erde, welche in der Tiefe von 1,6 — 1,9 m (5 — 6′) in Sand überging; die Mauer wurde ebenfalls aus Porphyr-Bruchsteinen errichtet.

Den Rost ließ man aus 11 — 13 cm (4 — 5″) starken Querschwellen und zwei eben solchen Langscharten, und dem 8 cm (3″) starken Bohlenbelag anfertigen, so daß die ganze Breite ca. 1,6 m (5′) betrug; alsdann wurde der Rost 16 cm (6″) unter den niedrigsten Wasserstand gelegt und schließlich ein 1,3 m ($4^2/_3$′) breites Banket mit aller Sorgfalt gegründet.

Die Futtermauer erhielt eine Vorderböschung von 3,5 cm ($1^1/_3$″) auf 0,3 m (1′) und hinten eine senkrechte Höhe von 2,5 m (8′), dann

folgten verschiedene Absätze, so daß bei der gedachten Vorderböschung die Mauer oben 0,6 m (2′) zur Stärke erhielt.

Vor den Rost stellte man dann eine ca. 8 cm (3″) starke Bohlenwand auf, welche ca. 2,5 m (8′) tief eingeschlagen und mit grobem Schutt und Steinen beschützt wurde, um vor Unterspülung sicher zu sein; auch diese Mauer und Fundirung haben sich, trotz der oftmaligen Wildheit und sehr großen Höhe des Wassers und bei dem bedeutenden Erddrucke, ohne den geringsten Tadel gehalten.

7. Fundirung auf eisernen Pfählen, resp. eisernen Röhren.*)

Nachdem die verschiedenen Gründungsmethoden eine Reihe von Entwickelungen erfahren, konnte es nicht ausbleiben, daß auch das Eisen als Gründungsmaterial Verwendung fand und somit bedeutende Modifikationen und ganz neue Systeme hervorgerufen wurden.

Theils um dem Unterbau oder den Bohlwerken eine größere Dauer zu geben, theils um durch dichte Wände, die man leicht entfernen konnte, einem Wasserzudrang zu begegnen, hatte man sich zunächst einiger Spund- oder Spitzpfähle bedient. Hierher gehören die ersten Anwendungen gußeiserner Spundpfähle in den ostindischen Docks in Liverpool, wo die Fangedämme aus eisernen Bohlen bestanden; die Berührungsflächen hatten hierbei angegossene Flanschen, welche mittels Schraubenbolzen verbunden wurden. Die späteren Constructionen sind den hölzernen Spundwänden ähnlich ausgeführt, nämlich zwischen eiserne Pfähle schob man eiserne Platten und deckte diese alsdann mit Holmen ab. Hinter dieser Verkleidung kam die eigentliche Futtermauer, bestehend aus einer Betonschüttung und Granitplattenabdeckung.

Die Pfähle wurden ebenso wie die hölzernen mittels Rammen in den Boden getrieben, was natürlich manchen Bruch ꝛc. veranlaßte. Das im Jahre 1834 bekannt gemachte Verfahren Mitchels, das Einrammen der eisernen Pfähle ganz zu umgehen und dieselben vermittels

*) Wenn auch die Anwendung der eisernen Fundirungsmethoden größtentheils nur bei Wasser- und Brückenbauten vorkommen, so glaubt Verfasser doch ihre Principien hier anführen zu müssen, da der Bautechniker manche Andeutungen auch im Hochbau verwerthen kann. Beispielsweise können eiserne Pfähle die hölzernen dann ersetzen, wenn Gebäude über fließendem Wasser zu errichten sind, die Fluß- oder Grabenbreite aber gering ist und in Folge dessen nur möglichst wenig Pfähle den Lauf des Wassers hemmen und das Querprofil verringern dürfen.

einer am Fuße befindlichen **Schraube** in den Erdboden durch **Drehen** einzuführen, giebt durch die Fläche der Schraube, die nach der leichteren oder schwereren Beschaffenheit des Bodens einen größeren oder geringeren Durchmesser erhält, einen sehr festen Stand. Die Größe der Schraube wird durch ein Versuchspfahl, welchen man mit der entsprechenden Last belastet, erlangt; die Tragfähigkeit wächst in directem Verhältniß mit der Fläche der Schraube.

Eine eigentliche praktische Bedeutung für Gründungen erhielt dieses Verfahren zuerst bei Fundirungen in weichem, dem Wellenschlage ausgesetzten Sande.

Mitchel schlug diese Fundirungsmethode zuerst für die Fundation eines Leuchtthurmes vor, und sie kam wirklich bei dem Leuchtthurm Maplin im Jahre 1838 in Anwendung. Diesem folgten viele andere derartige Bauten, und später fand diese Fundirung durch Stephenson, Brunell 2c. auch Eingang bei Brückenbauten.

Ueberall geschah nach der Aussage der Ingenieure die Anwendung mit Leichtigkeit, Sicherheit und Schnelligkeit in jedem Boden, mit Ausnahme des Felsens. Das Eintreiben der Pfähle selbst geschieht einfach durch Umdrehen eines, mit dem Pfahle fest verbundenen, Rades von großem Durchmesser, wobei nur für die richtige Führung der Pfähle gesorgt werden muß (Fig. 733 A und B).

Auch können die Pfähle leicht in jeder beliebigen schiefen Richtung eingesetzt werden, wenn nur dafür die Führung entsprechend angeordnet wird.

Der Radius der Schraube richtet sich, ebenso wie die Steigung und Anzahl der Umgänge, nach der Bodenbeschaffenheit, indem man für weichen Boden bis 0,6 ^{m} (2′), bei ganz festen Bodenarten bis 0,30 ^{m} (1′) geht; es besteht die Schraube aus einem vorbohrenden Theile und einem Spiralflansche von größerem Durchmesser, der eigentlichen tragenden Fläche.

Die Fig. 733 A – B giebt gleichzeitig ein Bild, in welcher Weise die Fundirung geschieht; im Uebrigen ist zu erwähnen, daß die Pfahlstärke (Durchmesser) ähnlich bestimmt wird, wie die Säulendimension in Abtheilung IV., und zwar sind die dort angegebenen Formeln „für Zerdrücken" anzuwenden.

Der Rost über den Pfählen kann, je nach der Belastung, entweder aus hölzernen oder eisernen Balken gebildet werden, und am

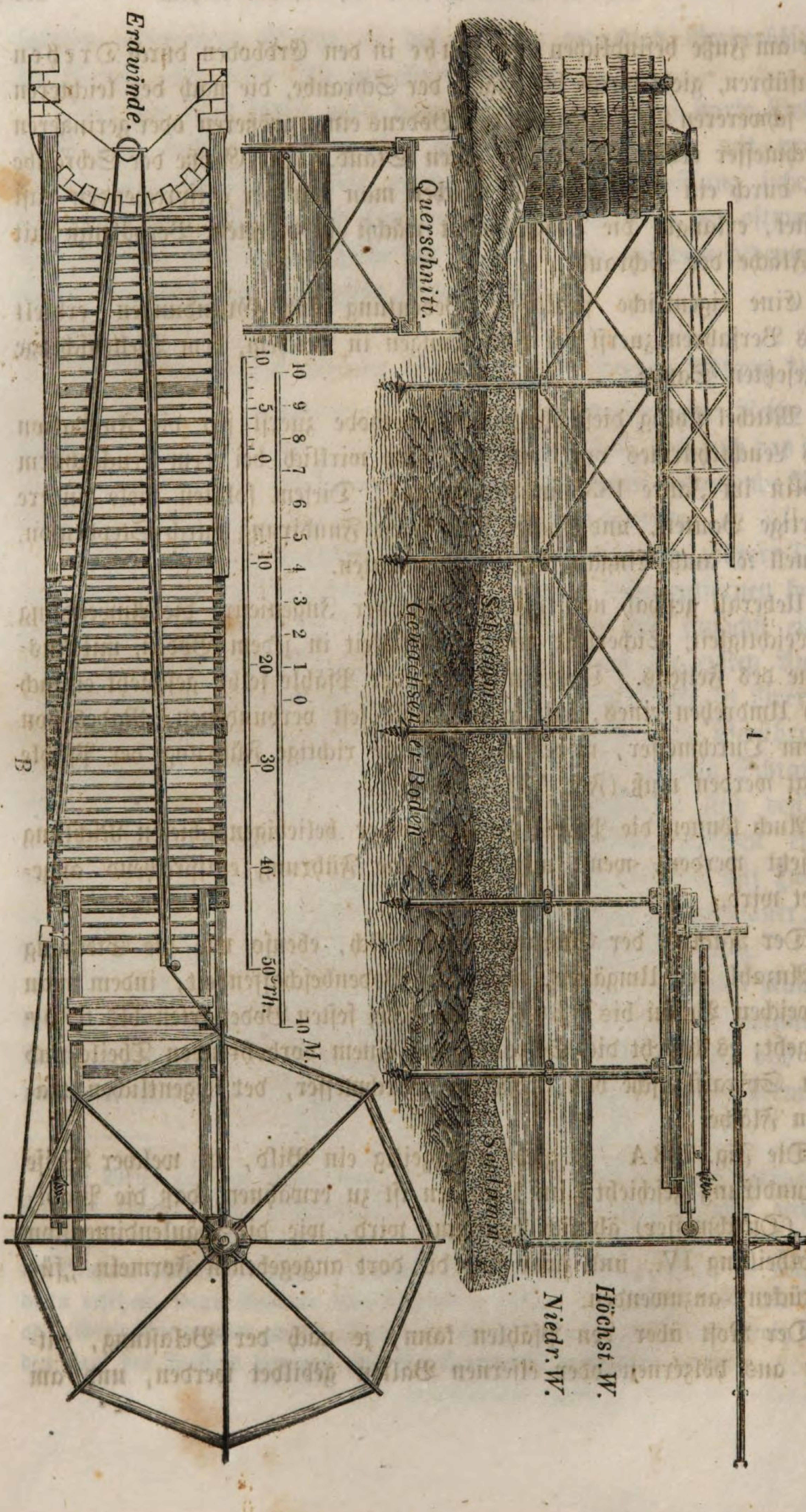

Erdwinde.
Querschnitt.
Schlamm
Gewachsener Boden
Sandstrom
Höchst. W.
Niedr. W.
B
50 Fh.
10 M.

Fig. 733.

oberen Kopfende des Pfahles sitzt eine mit Rändern versehene Eisenplatte.

Daß die eben angegebenen Pfähle am besten aus Gußeisen und zwar hohl hergestellt werden, braucht wohl nicht erst nachgewiesen zu werden.

Nachdem man einmal die gußeisernen hohlen Röhren in geringen Durchmessern verwendet hatte, stand auch der Verwendung mit größeren Durchmessern nichts mehr im Wege.

Beispielsweise bediente man sich in neuerer Zeit bei der Eisenbahnbrücke über den Gablik (auf der ostpreußischen Südbahn) gußeiserner Röhren, welche aus einzelnen Theilen bestehend, in den Boden geschraubt, und nachher mit Beton ausgefüllt wurden.

Die Constructionstheile dieser Brücke, sowie die Vorarbeiten beim Fundiren, sind in den nachstehenden Figuren gegeben. Diese Fundirungsart wäre auch im Hochbau mit Vortheil anzuwenden, und zwar können die eisernen Senkröhren die massiven Senkbrunnen vollständig ersetzen.

Im Nachfolgenden theilen wir die Fundirung der Brücke über den Gablik mit. (Diese Notiz ist der Romberg'schen Zeitschrift entnommen.) Der Gablik, ein seichter, durch Wiesen und Brüche sich windender Fluß mußte, da die Bahnlinie denselben überschritt, überbrückt werden.

Zuerst beabsichtigte man die Brücke auf gemauerte Stirnpfeiler zu setzen, jedoch kam man davon bald ab, da in der Tiefe von 2,5^{m} (8′) sich grober Triebsand vorfand, welcher ein Einrammen der Spundwände fast unmöglich machte; auch das Ausheben des Baugrundes ging sehr schlecht von statten, da das von allen Seiten zuströmende Wasser nur mit Mühe vermittels Wasserschnecken beseitigt werden konnte. Letzteres aber schuf den Moor zu einer so dünnflüssigen Masse um, daß nur Wurfschaufeln und Handbaggen dieselbe herauszuschaffen vermochten.

In Folge dessen wurden, anstatt gemauerter Stirnmauern zur Unterlage der Träger, eiserne Schraubencylinder angewendet.

Es wurde, wie Fig. 734 A zeigt, die Baugrube überdeckt, um sich theils frei bewegen zu können, theils die Lagerhölzer des zweibeinigen Bockes sicher zu stellen.

Nachdem nun der Bock (Fig. 734 C) aufgerichtet und zu beiden Seiten durch Taue befestigt war, brachte man einen Flaschenzug an seiner Spitze an, welcher eine Kette mit Schraubenbolzen trug.

Letztere dienten zur Befestigung der Cylinderstücke, welche man mittels des Flaschenzuges nach Belieben auf und nieder bewegen konnte.

Zunächst wurde die Schraube durch den Flaschenzug und die daran befindliche Kette in die Tiefe gelassen, darauf das erste Mittelstück ebenso versenkt und durch Bolzen mit der Schraube befestigt.

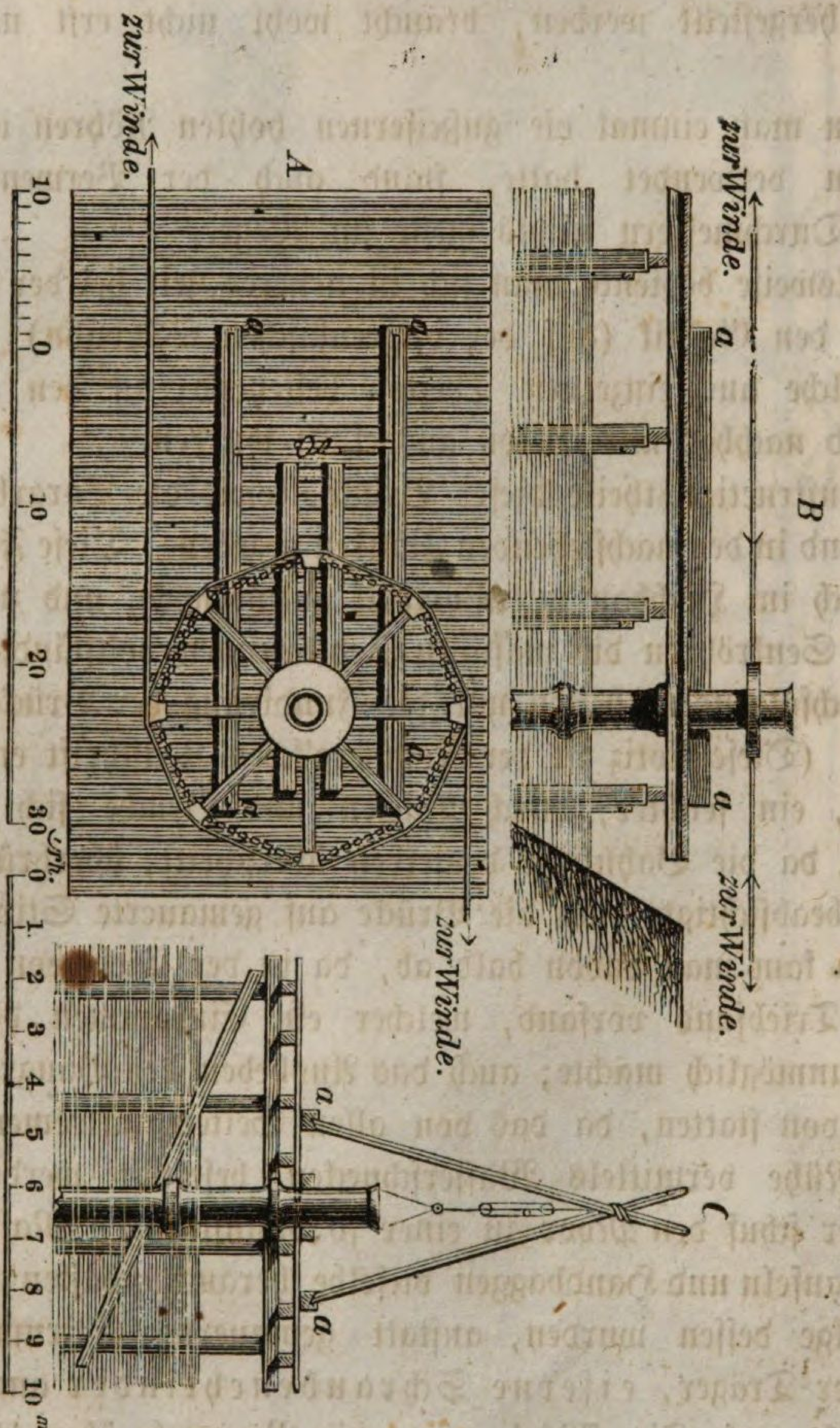


Fig. 734.

Auf gleiche Weise setzte man Arbeitscylinder auf und erreichte hiermit die Rosthöhe. Dieser Cylinder hat an zwei Seiten Rinnen und an dem oberen Ende zwei Ansätze mit Löchern, um die Kette bequem anschrauben zu können.

Nachdem der Cylinder mit dem Mittelstück gut verbolzt war, hängte man um diesen den Kranz, aus zwei halben eichenen Ringstücken

mit 1,3 cm (1/2') starken schmiedeeisernen Beschlägen bestehend, so daß der Kranz um den Cylinder auf und nieder bewegt werden konnte.

Auch die eisernen Keile, welche in die Rinnen des Cylinders und in die Ausschnitte des Kranzes greifen, dienten zur Befestigung mit dem Cylinder, da sie ein Drehen des Kranzes um letzteren verhüteten.

In die vorhandenen Oeffnungen des Kranzes steckte man die eichenen Arme, befestigte dieselben durch eiserne Verbindungsstangen und regulirte das Ganze mittels an diesen befindlicher Schrauben.

Um die Arme einzusetzen, mußte zuvor der zweibeinige Bock so weit auf seinen Lagern weg bewegt werden, daß die Arme mit ihren Verbindungsstangen zur Drehung hinlänglich Raum hatten. Dieses Wegbewegen mußte selbstverständlich sehr gleichmäßig, sogar nach Kommando geschehen.

Um die Arme legte man zwei äußerst starke Windeketten, so daß beide die Arme, resp. den Cylinder gleichmäßig nach einer und derselben Richtung drehten (Fig. 734 A und B.)

Die Ketten waren wiederum an Trommeln der eisernen Erdwinden befestigt, welche zu beiden Seiten des Cylinders befindlich, durch Eisenbahnschienen festgehalten wurden.

Das Umlegen der Kette und das Abwinden derselben wurde mehrmals wiederholt und damit so lange fortgefahren, bis der Kranz durch das Sicheindrehen des Cylinders den Boden der Rüstung erreicht hatte.

Nachdem alsdann die Verbindungsstange und die Arme entfernt waren, rückte man den zweiarmigen Bock vor, hob den Cylinder ab, setzte ein neues Mittelstück auf, brachte den Cylinder wieder oben hinauf und befestigte denselben mittels Bolzen, und dasselbe Verfahren wiederholte sich.

Die sämmtlichen Cylinder wurden nun so lange gedreht, als nur möglich. Schließlich wurde die Drehung so langsam, daß man sie nur mittels Merkzeichen wahrnehmen konnte.

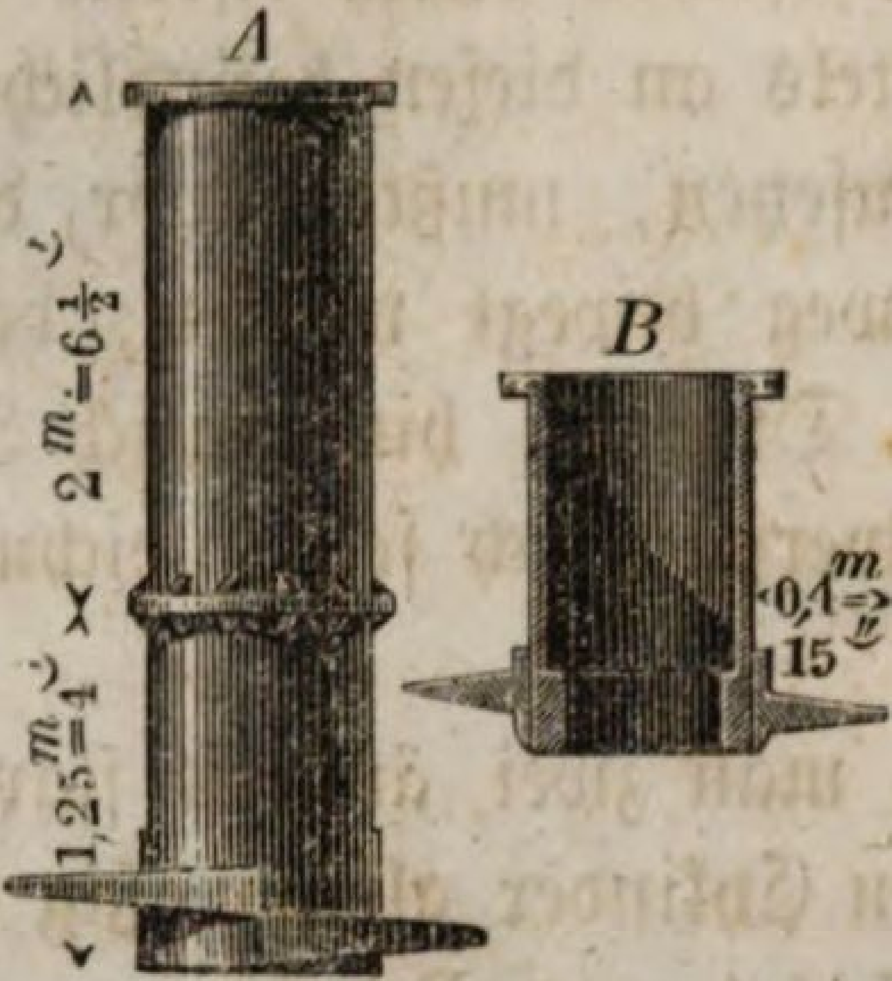
Fig. 735 A und B repräsentiren den untersten Cylinder mit der Schraube, sowie einen Mittelstück-Cylinder.

Der oberste Cylinder ist in Fig. 736 dargestellt.

Verschiedenen Uebelständen, als dem Zerreißen der Kette, oder einem Neigen der Cylinder durch dazwischen gekommene Steine, mußte durch geeignete Hilfsmittel abgeholfen werden. So wurde eine Neigung, nach einer der Winden hin, durch das festere und losere Anziehen der betreffenden Windekette geregelt.

War nun endlich ein weiteres Eindrehen nicht möglich, so legte man den Bock um, belastete die Pfeiler eine Zeit lang mit Eisenbahnschienen und ging an das Ausfüllen der Cylinder mit Beton, da ein Unterschied zwischen einem Nivellement vor der Belastung der Cylinder und einem nach der Belastung ausgeführten nicht gefunden wurde.

Fig. 735.



Durch einen Sackbohrer (siehe die Anordnung bei Fig. 717) ließ sich der Schlamm und Sand bis auf den festen Boden aus dem Cylinder entfernen, und durch Eimer das darin befindliche Wasser schöpfen, um den Beton, bestehend aus gleichen Theilen Sand, geschlagenen Steinstücken und Portland-Cement, hier einschütten zu können. Zunächst wurden hierbei die Cylinder bis zur Höhe des Zwischenstücks verfüllt, darauf dieses eingepaßt, die Löcher zu den Bolzen in den Cylindern fest verbolzt, worauf das Füllen bis nahe an den Rand des letzten Cylinderstückes fortgesetzt und zur Ausgleichung des Betons, eine ca. 5 cm (2") starke Cementlage aufgelegt wurde.

Da die Cylinder nicht gleich tief sich einschrauben ließen, war die Höhe nicht gleich, deshalb mußte diese durch die auf den erhärteten Beton gesetzten Granitsteine (x) geregelt werden (Fig. 736).

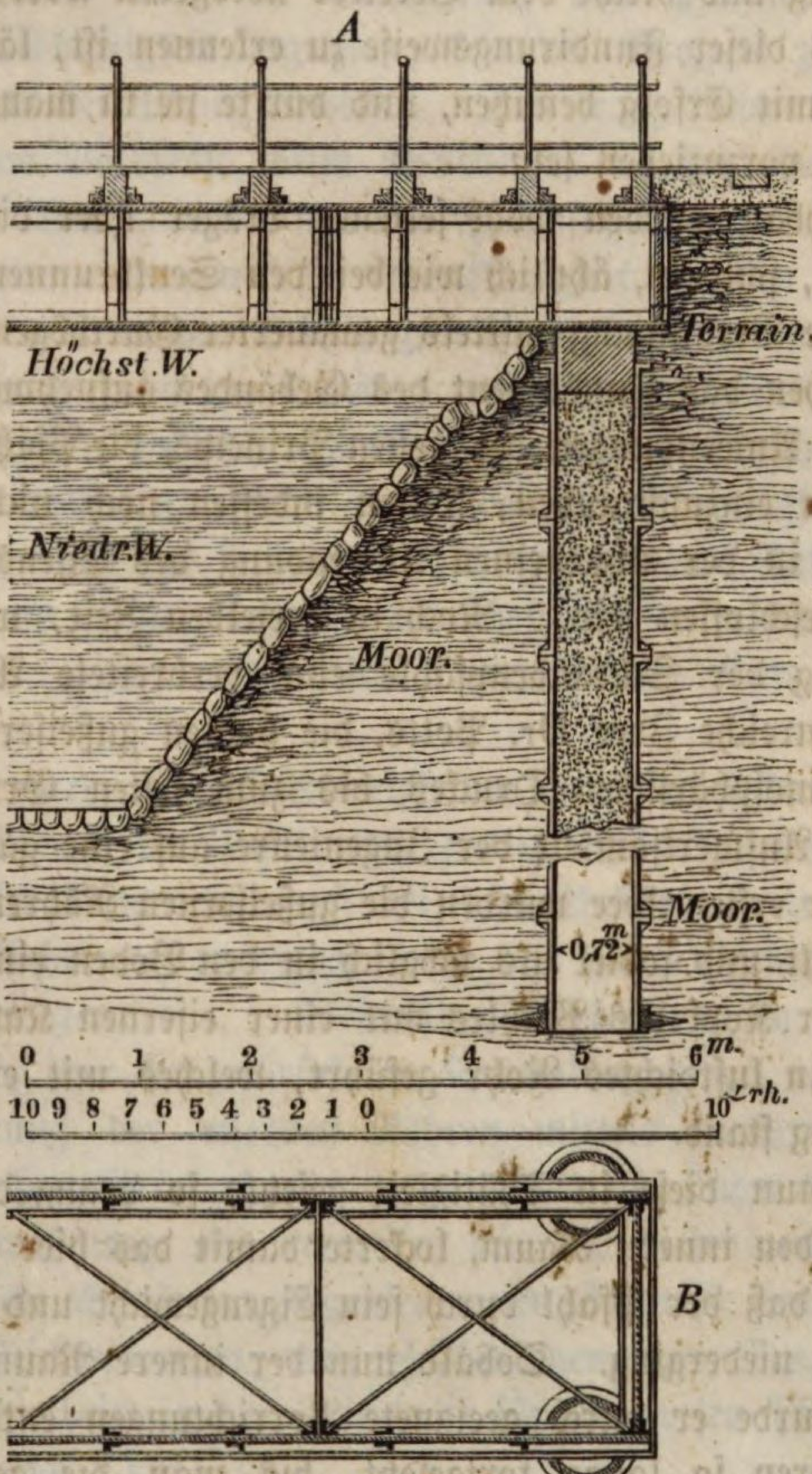
Diese Steine waren cylinderförmig gearbeitet, doch von einem ca.

Fig. 736.



5 cm (2″) kleineren Durchmesser, als der eiserne Cylinder. Die untere Seite war glatt, in der oberen dagegen befanden sich ein Kreuz und vier Bolzenlöcher, um eine unterhalb kreuzförmig gerippte eiserne Platte gut auf den Stein legen zu können.

Fig. 737.



Auf diese Platten wurden nun die Träger ohne jede Befestigung aufgesetzt; das Abrutschen der Träger verhinderten die an den Platten befindlichen Ränder.

In der geschilderten Weise kamen auch die andern Auflagepfeiler für die Brücke zur Ausführung.

Die vollständige Anordnung dieser Art Fundirung ist in Fig. 737 A und B im Durchschnitt und Grundriß eines Theiles der Brücke dargestellt.

Eine Totalbelastung der fertigen Brücke mit einem mit Steinen beladenen Zuge ergab keine Differenz der Höhe, und die Brücke konnte somit mit Fug und Recht dem Betriebe übergeben werden.

Wie aus dieser Fundirungsweise zu erkennen ist, läßt sie sich auch im Hochbau mit Erfolg benutzen, und dürfte sie in manchen Fällen den Senkbrunnen vorzuziehen sein.

Im Hochbau würden wohl seltener Träger über diese Schraubenröhren gelegt, sondern, ähnlich wie bei den Senkbrunnen und massiven Pfeilern, eine Verbindung mittels gemauerter Gurtbögen, welche oberhalb abgeglichen das Fundament des Gebäudes aufnehmen, vorkommen.

Mit den Anwendungen des neuen Princips, die Pfähle resp. Röhren in den Boden einzuschrauben, sollten indessen noch nicht die Vervollkommnungen in der allgemeinen Anwendung des Eisens bei den Fundirungen abgeschlossen sein. Noch in derselben Zeit, während welcher die Benutzung der Schraubenpfähle eine verbreitete Aufnahme fand, lenkte die sinnreiche Idee Dr. Potts, die hohlen gußeisernen Pfähle mit Hilfe des atmosphärischen Druckes bis zum festen Grunde niederzubringen, die Aufmerksamkeit der Ingenieure auf eine ganz neue Bahn.

Nach der ersten Idee wurden die gußeisernen Röhren zunächst senkrecht aufgestellt und soviel als möglich in den Boden eingedrückt. Hierauf wurde der Kopf des Pfahles mit einer eisernen Kappe bedeckt und durch diese ein luftdichtes Rohr geführt, welches mit einer Luftpumpe in Verbindung stand.

Wurde nun diese in Thätigkeit gesetzt, so drang das Wasser mit Heftigkeit in den innern Raum, lockerte damit das hier befindliche Erdreich auf, so daß der Pfahl durch sein Eigengewicht und den atmosphärischen Druck niederging. Sobald nun der innere Raum mit Erde gefüllt war, wurde er durch geeignete Vorrichtungen entleert, und das ganze Verfahren so lange fortgesetzt, bis man die gewünschte Tiefe erlangt hatte.

Dieses Princip kam zuerst 1845 in Anwendung, wesentliche Verbesserungen machte Stephenson und später W. Cubitts.

Diese Ingenieure brachten zuerst comprimirte Luft zur Anwendung. Der leitende Gedanke dieses Verfahrens ist der, durch einen eisernen Kasten ohne Boden unter Wasser einen abgeschlossenen Raum

herzustellen, aus diesem durch Einpressen von comprimirter Luft die störenden Wasser des Untergrundes zu beseitigen, dann innerhalb die Erde auszugraben, durch geeignete Vorrichtungen zu entfernen und so ein Niedersenken des Ganzen zu bewirken.

Die durch den Brückenbau von Saltash von Brunel angegebenen Aenderungen wurden auch in Deutschland von Pfannenmüller und v. Weiler mit Lebhaftigkeit ergriffen, wie die Projecte zu der Fundirung der Brücke bei Mainz bewiesen. Den französischen Ingenieuren gebührt jedoch das Verdienst, beim Brückenbau in Kehl durch geschickte Combination des Vorhandenen und das Hinzufügen neuer Ideen, dieser Fundirungsmethode eine praktische Lebensfähigkeit gegeben zu haben.

Bei allen bisher in der Praxis zur Anwendung gekommenen Verfahrungsarten, hatte man die Kanäle, welche comprimirte Luft in den Senkkasten einführten, zugleich als Einsteig- und Förderschachte benutzt oder nur in mangelhafter Weise eine Abänderung getroffen, wodurch demnach die Sicherheit der Arbeiter gefährdet wurde. Außerdem trat noch der Uebelstand hinzu, daß die bis über Wasser geführten Röhren eine beträchtliche größere Quantität comprimirter Luft erforderlich machte.

Zum Theil waren diese Schwierigkeiten durch die späteren gehoben, immer aber blieb noch die Unsicherheit des unregelmäßigen Einsenkens.

Alle diese Uebelstände sind erst bei dem Brückenbau in Kehl einer gehörigen Berücksichtigung unterzogen und das ganze Verfahren dadurch sicher und bequem geworden. Wesentliche Verbesserungen kamen noch bei der Fundirung der Pregelbrücke in Königsberg hinzu.

Die Fundirung der eisernen Röhren mittels comprimirter Luft wird nur bei großen Brückenbauten angewendet, sie findet deshalb hier nur flüchtige Erwähnung, und verweisen wir alle diejenigen, welche für diese sehr sinnreiche Arbeit im Ingenieurwesen Interesse haben, auf die ausführlichen Beschreibungen und Zeichnungen der Pregelbrücke in Königsberg, mitgetheilt in der Zeitschrift für Bauwesen (Verlag Ernst u. Korn), Jahrgang XVI.

Vergleichung der sämmtlichen hier angeführten Fundirungen, und die zweckmäßigste Anwendung derselben.

Nach dem oben Erwähnten kann man die Fundirungsarten eintheilen in solche, welche:

a) pfeilerartig als Stützen,

b) als Verbreiterung der Gebäudesohle

dienen.

Zu ersterer Gattung gehören die massiven Pfeiler, Senkkasten und Brunnen, Sandpfeiler, Pfahlroste und eiserne Pfähle und Schraubenröhren, zu letzterer Art hingegen die Sand- und Betonfundirungen, Schwell- und Bohlenroste.

Die massive Pfeilerfundirung wendet man am häufigsten an, wenn der tragbare Boden tief liegt, während die über denselben liegende Erdmasse fest ist, resp. aus Schutt 2c. besteht.

Die Sandpfeiler finden bei den eben genannten Bodenarten ebenfalls Anwendung, jedoch nur bei leichteren Gebäuden; sie ist billiger wie die massive Pfeilerfundirung, die Arbeit dauert aber, wegen des nöthigen Setzens des Sandes, längere Zeit.

Die Senkbrunnenfundirung empfiehlt sich bei großen schweren Gebäuden, sie geschieht nur in weichen Bodenarten, zumal wenn der feste tragbare Boden tief liegt. Besonders muß sie dann stets ausgeführt werden, wenn das zu fundirende Bauwerk zwischen zwei vorhandenen Gebäuden liegt, und somit die stoßende Bewegung des Rammens von großem Nachtheil wäre. Der Senkbrunnen muß auf festem Boden stehen.

Für den Pfahlrost gilt Folgendes: Die Anwendung desselben kann sein erstens, wo die Pfähle den festen Boden erreichend, die Last des Bauwerks, ähnlich den Pfeilern, unmittelbar übertragen, und zweitens, wo der Boden bis zu einer bedeutenden Tiefe nicht als tragfähig erachtet werden kann, jedoch große Elasticität besitzt.

In ersterem Falle darf der tragbare Boden nicht zu tief liegen, da sonst, besonders in holzarmen Gegenden, diese Fundirungsmethode sehr kostspielig würde. In letzterem Falle ist der Pfahlrost mit sehr großer Vorsicht auszuführen und anzuwenden, da die einzelnen Pfähle ausschließlich durch die Reibung gehalten werden; jedenfalls sind nur leichte Gebäude darauf zu fundiren.

Der Pfahlrost findet im Allgemeinen dort mehr Verwendung, als Senkbrunnen oder eiserne Schraubenröhren, wo der niedrigste Wasserstand hoch liegt, so daß das schwierige Ausschöpfen des Wassers nicht nöthig, oder nur in geringem Maße erforderlich wird.

Niemals darf der Pfahlrost dort angewendet werden, wo durch

die Bodenerschütterung die Nachbarshäuser leiden könnten, wie z. B. in den Städten.

In diesem Falle würden die eisernen Pfähle entschieden den Vortheil verdienen. Die letzteren sind auch dort wohl zu empfehlen, wo in fließendem Wasser zu fundiren ist.

Endlich können die eisernen Schraubenröhren mit Betonfüllung die Senkbrunnen vielfach ersetzen.

Besonders kann dies in sehr weichen schwimmenden Bodenarten, bei welchen der feste tragfähige Grund erst in größerer Tiefe liegt, geschehen. Die Herstellungskosten dieser Fundirungsart sind nicht höher, als die mit Senkbrunnen, ebenso ist die Tragfähigkeit eine hinlängliche, so daß sich mehrstöckige Gebäude darauf errichten lassen.

Gehört die Bodenart nicht zu den schwimmenden (fester Moorboden) und ist außerdem der tragfähige Grund sehr tief, so wird die pfeilerartige Fundirung eine sehr schwierige und kostspielige.

Bei diesen Bodenverhältnissen wird durch ein geeignetes Verfahren jedes Gebäude so hergestellt, daß es bei gegebener Grundfläche zu einer solchen Tiefe herabsinken würde, bis die verdrängte Erdmasse dem Gewichte des Gebäudes gleich geworden wäre und umgekehrt, daß man für eine gegebene Einsenkung eine solche Grundfläche gewinnen muß, daß bei derselben dem hydrostatischen Gesetze Genüge geleistet würde.

Zu den Mitteln, welche eine Vertheilung der Last bewirken sollen, gehören zunächst der liegende Rost und die Sand- resp. Betonschüttung.

Der liegende Rost kann keineswegs immer einer Senkung im Ganzen, ebensowenig aber einer ungleichförmigen, vorbeugen, und bewirkt er nur dann, wenn er unter getrennten Gebäudetheilen (wie z. B. bei Hohlbauten, Speichern &c.) durchgeführt wird, eine wirksame Verbreitung und Verankerung der getrennten Bautheile. (Siehe den Speicher in Halle a/S.) In allen andern Fällen erleichtert er nur die Ausführung, indem er das Einsenken einzelner Verbandstücke in den compressibeln Boden verhindert; keineswegs aber darf man erwarten, daß er hinreichend steif sei, um sich nicht unter der Last zu biegen, wenn die Vertheilung derselben ungleich ist oder die Dichte des Bodens wechselt, und so die Grundfläche an verschiedenen Stellen schwächer unterstützt ist. Diese Bedenken einer ungleichmäßigen Senkung, in Folge einer eintretenden Biegung des Rostes, verschwinden einigermaßen, wenn man erwägt, daß auch die ersten Mauerschichten, sobald sie einigermaßen erhärtet sind, weittragend eine ungleichförmige Senkung verhindern.

Indessen darf man sich doch keinen allzugroßen Nutzen von ihm versprechen und steht er sehr häufig der leichter und meistens auch billiger herzustellenden Sandschüttung nach, die außerdem noch den Vortheil gewährt, daß sie nicht unter Wasser zu bleiben braucht, welche Bedingung bei dem liegenden Rost unerläßlich ist und die Herstellungskosten des Gebäudes durch die tiefen Fundamente wesentlich erhöht.

Die Sandschüttung bewirkt eine bedeutend größere Uebertragung des Druckes durch Verbreitung, als der liegende Rost, und hindert sie wenigstens bis zu einem gewissen Grade ein ungleichmäßiges Senken des Gebäudes, indem in Folge der starken Reibung, welche die Sandkörnchen aufeinander üben, sowohl durch schwerere Gebäudetheile, als auch an schwächer unterstützten Stellen, ein Senken nicht eintreten wird. Hier würde ein Einsenken nach gewissen Trennungsflächen im Sande erfolgen müssen, diesem widersetzt sich jedoch die Reibung und es wird daher die Grundfläche an dieser Stelle nur einem Druck aus der Differenz der betreffenden Last und Reibung erfahren, und auf diese Weise innerhalb der ganzen Schüttung eine Ausgleichung und Vertheilung des Druckes auf die Grundfläche stattfinden. Die Uebertragung des Druckes auf eine größere Grundfläche erfolgt aber außerdem dadurch, daß derselbe sich von den Unterkanten des Fundamentes aus, etwa unter einem Winkel von 45° vertheilt, so daß sich nach dieser Bemerkung die Dimensionen der Sandschüttung, falls die Tragfähigkeit des Bodens bekannt ist, dadurch bestimmen lassen, wenn, von den Kanten der Fundamentmauer in Neigungen von 45° abwärts, die Sohle der Schüttung eine Fläche von genügender Größe ergeben muß.

Es soll schließlich bemerkt werden, daß die Sandschüttung, ihrer Wohlfeilheit wegen, überall den Vorzug verdient, wo nicht der Schwellrost für eine Verankerung der Fundamente nothwendig erscheint.

Die Betonschüttung erfüllt denselben Zweck wie die Sandschüttung, erstere ist dieser aber entschieden vorzuziehen, da die starke erhärtete Betonschicht mit einer großen Steinplatte zu vergleichen ist; die einseitige Senkung ist hier unmöglich, besonders wenn auf gute Verbreiterung außerhalb der Fundamente vorgesehen ist. Die Betonschüttung ist bedeutend theuerer als die Sandschüttung, und wird wohl dieser Umstand viel dazu beigetragen haben, daß erstere seltener zur Verwendung gelangt.

Um recht sichere Resultate zu erlangen, wurde bei einigen Bauten

die Sandschüttung mit dem liegenden Rost verbunden. Diese Combination giebt nicht nur eine sehr kostspielige Fundirung, sondern kann auch als übertriebene Aengstlichkeit angesehen werden. Nur bei großen schweren Gebäuden, besonders bei großen Speichern und bei einem Erdboden von ungleichmäßiger Dichtigkeit, könnte diese Combination empfohlen werden, da die Sandschüttung einen gleichförmigen Druck ausübt, und der liegende Rost die nöthige Verankerung der Pfeiler und Umfassungsfundamente bewirkt.

VIII. Abtheilung.

Die graphischen Constructionen.

Um ein Gebäude und dessen Details entwerfen zu können, muß man nicht allein mit den hauptsächlichsten technischen und baulichen Anordnungen, sondern besonders auch mit den Hülfs- oder graphischen Constructionen, wie solche die elementare und beschreibende oder darstellende Geometrie (Projectionslehre) uns lehrt, vertraut sein, denn ohne die gründliche Kenntniß derselben ist es unmöglich, körperliche Formen und Größen genau darzustellen, oder die verschiedenen Eigenschaften der Raumgrößen aufzufinden.

Bei den folgenden Betrachtungen setzen wir nun voraus, daß dem Leser die Fundamentalsätze der darstellenden Geometrie bereits bekannt sind, aus welchem Grunde hier nur die mannigfachsten Anwendungen derselben zur Darstellung gelangen sollen.

Bei den Hülfsconstructionen kommen hauptsächlich in Betracht:

1. die geometrische Zeichnungslehre (Construction in der Ebene), und
2. die darstellende Geometrie oder Projectionslehre (Construction im Raume).

Vergegenwärtigen wir uns nun zunächst die wichtigsten Fälle, welche

die geometrische Zeichnungslehre

uns lehrt.

Hierbei findet man ausschließlich solche Probleme vor, die sich als ebene Formen nur in einer Ebene lösen lassen, wie die nachfolgenden Beispiele veranschaulichen.

Wir übergehen hier das Errichten von Senkrechten, Zeichnen der Parallelen und Construiren der Dreiecke und regelmäßigen Vierecke, denn mit diesen Constructionen werden wohl sämmtliche Leser dieses Buches vertraut sein, und beginnen mit der

Theilung der Linien.

Das Theilen einer gegebenen Linie mittels des Zirkels ist häufig langwierig, weßhalb man sich in der Regel der nachstehenden Construction bedient:

Fig. 737 a. Die gegebene Gerade ab soll in 11 Theile getheilt werden.

Aufl. Zuerst wird die Hülfslinie ac von a aus in beliebiger Neigung gezogen, auf dieser werden 11 gleiche, aber beliebig große Theile abgetragen, dann die Punkte 11 und b miteinander verbunden und durch die übrigen Theilpunkte Parallelen mit 11b gezogen, so wird die Gerade ab in 11 gleiche Theile getheilt.

Fig. 737 a.

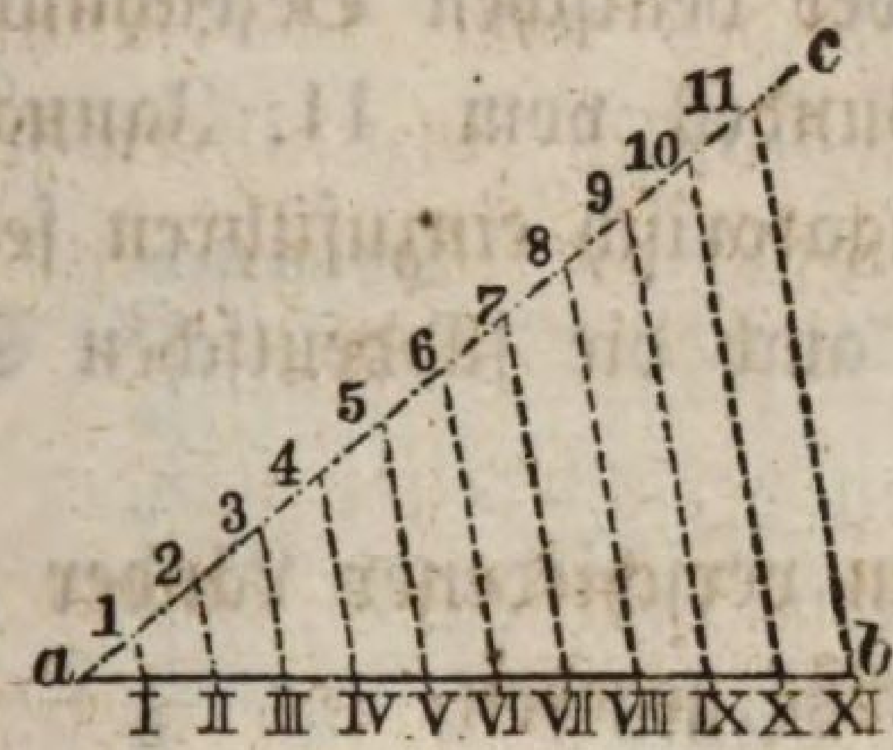


Fig. 738.

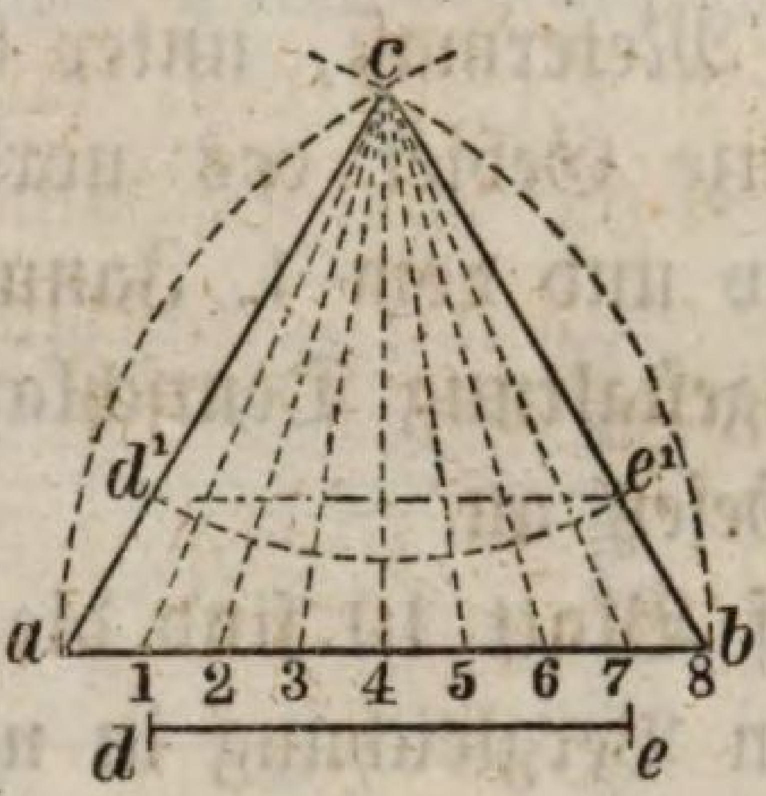


Fig. 738. Einen Linientheiler zu zeichnen, durch welchen jede beliebige Gerade in eine bestimmte Anzahl gleicher Theile getheilt werden kann.

Aufl. Ueber ab wird ein gleichseitiges Dreieck construirt, dann theilt man ab in beliebig viele, aber gleiche Theile, z. B. in 8 Theile, und verbindet c mit 1, 2 ꝛc. Soll nun die Gerade de in 8 gleiche Theile getheilt werden, so wird mit der Zirkelöffnung de aus c ein Kreisbogen beschrieben, welcher in d^1 und e^1 scheidet, so daß de = d^1e^1 aus 8 gleichen Theilen besteht.

Der Maßstab im Decimal- und Duodecimal-System.

Um Gegenstände, Körper ꝛc. in ihren wirklichen Dimensionen zu bestimmen, bedient man sich des Maßstabes. Die demselben zu Grunde gelegte Einheit ist sehr verschieden, so hat man z. B. in Frankreich den pariser Fuß und den Meter, in England die Yard = 2′ engl. u. s. w. Der französische Fuß wurde aus dem Mittel vieler menschlicher Füße festgestellt, hingegen die Yard nach dem mittleren Maße vieler menschlicher Arme angenommen; beide Maße sind willkürliche. Der alte preußische Fuß wurde durch den Astronomen Bessel bestimmt, indem er den Weg, welchen der Pendel in einer Sekunde zurücklegte, einen Fuß nannte. Dieses Maß ist also ein natürliches zu nennen,

ebenfalls das Metermaß. Letzteres wurde im Jahre 1789 von der Nationalversammlung vorgeschrieben, und zwar liegt einem Meter der 10Million'ste Theil des Erdquadranten zu Grunde. Das Metermaß ist 10theilig, d. h. der Meter hat 10 Decimeter, dieser wieder 10 Centimeter und letzterer 10 Millimeter, also 1 Meter = 1000 Millimeter.

Die erstgenannten Maße sind 12theilig, d. h. der Fuß hat 12 Zolle, von je 12 Linien ꝛc.

Da das französische Decimalsystem so große Vortheile im Rechnen gewährt, erließ der Norddeutsche Bund am 17. August 1868 das Gesetz, daß das Metermaß, unter Einführung der deutschen Bezeichnung, für das ganze Gebiet des norddeutschen Bundes vom 11. Januar 1870 fakultativ und vom 1. Januar 1872 obligatorisch einzuführen sei; nach der Neugestaltung Deutschlands nehmen auch die süddeutschen Staaten dieses Gesetz an.

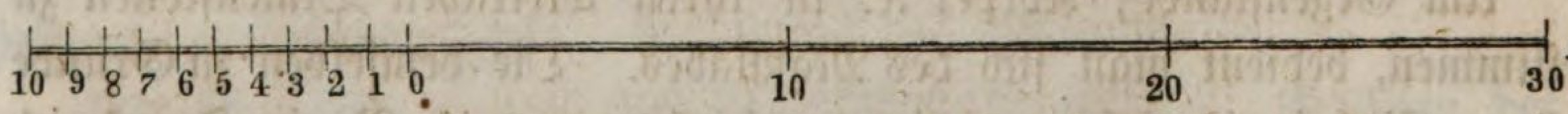
Auf Blatt 10 sind die Maßeinheiten verschiedener Länder zur bequemeren Vergleichung in natürlicher Größe gegeben.

Um Baugegenstände zu zeichnen, bedient man sich meistens des verjüngten Maßstabes, welcher sich nach dem zu zeichnenden Objecte richtet; so wendet man für die Skizze einen bedeutend mehr verjüngten Maßstab an, als für den ganzen Entwurf eines Bauwerkes, und wiederum wird der Maßstab des Situationsplanes in noch kleinerem Verhältniß stehen müssen.

Ueber die betreffenden Verhältnisse des verjüngten Maßstabes zur wirklichen Größe gelten die Ministerial-Erlasse der verschiedenen Länder.

Den einfachsten und bei Skizzen am häufigsten vorkommenden Maßstab giebt Fig. 739. Es ist angenommen, das er $1/_{120}$ der natür-

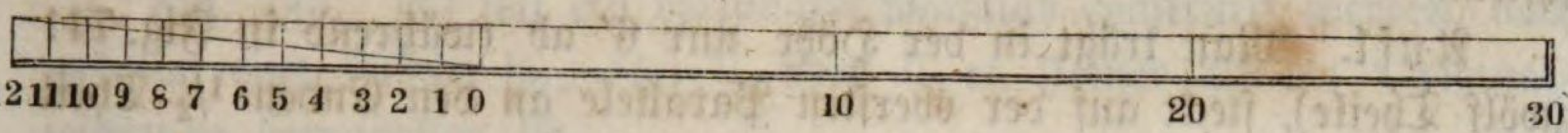
Fig. 739.



lichen Größe sei, wonach ein Theil des in 10 gleiche Theile zerlegten Zolles 1' beträgt. Die Zolle werden hierbei nach dem Augenmaß abgesteckt; sollen dieselben aber genauer zu bestimmen sein, dann ist der Maßstab in Fig. 740 zweckmäßiger. Hierbei wird am Ende des zwölften Fußes ein Fuß vertical abgetragen, und dieser mit 0 verbunden; alsdann verhält sich 12' : 12'' = 1' : 1'' oder = 6' : 6'' = 9' : 9'' u. s. w., wie aus der Proportionalität der Linien zu beweisen wäre.

Dieser Maßstab ist aber unbequem und bietet bei genau auszuführenden Zeichnungen, z. B. bei Situationsplänen, keine große Ge-

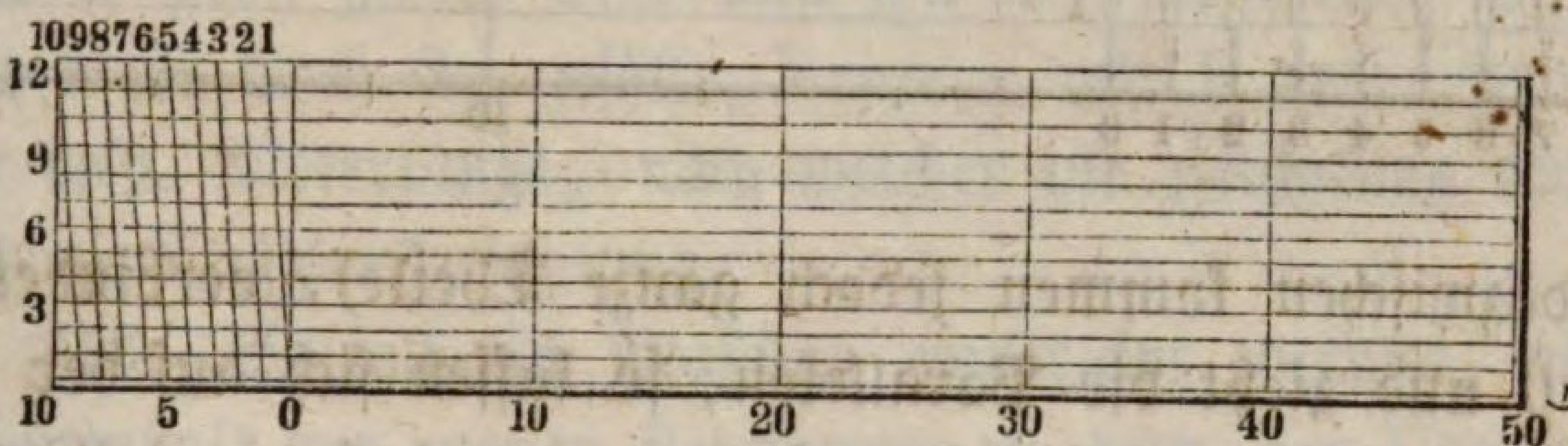
Fig. 740.



nauigkeit, deshalb findet in diesem Falle der Transversalmaßstab hauptsächlich Anwendung.

Fig. 741. Einen verjüngten Doudecimal-Transversalmaßstab zu zeichnen.

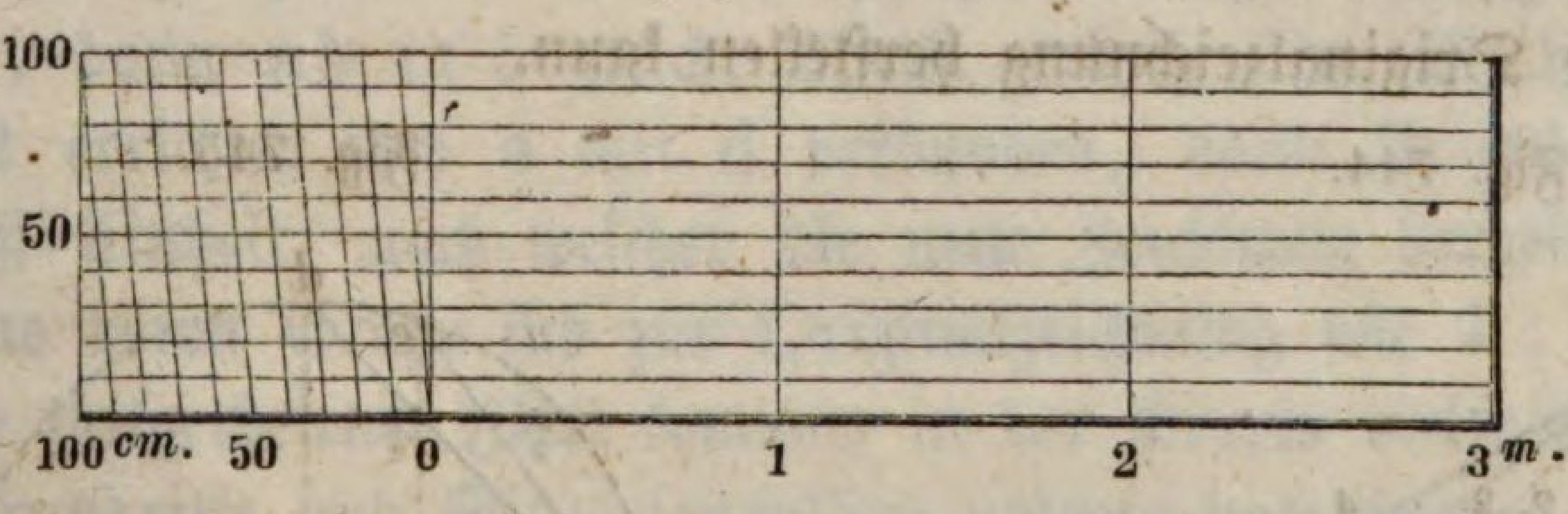
Fig. 741.



Aufl. Auf den Punkt 0 wird eine Senkrechte errichtet, hierauf werden 12 Theile (Fuße) abgetragen und durch die Theilpunkte Parallelen gezogen. Auf der oberen Parallele sind solche 10 gleiche Theile (Fuße) ebenfalls abgetragen, dann verbinde man den Punkt 0 auf der untersten Parallele, mit dem Punkte 1 auf der obersten Linie und ziehe die andern Parallelen, wie die Fig. 741 zeigt. Man ist somit im Stande die Fuße und Zolle gleichzeitig abzugreifen.

Fig. 742. Einen verjüngten Decimal-Transversalmaßstab zu zeichnen.

Fig. 742.



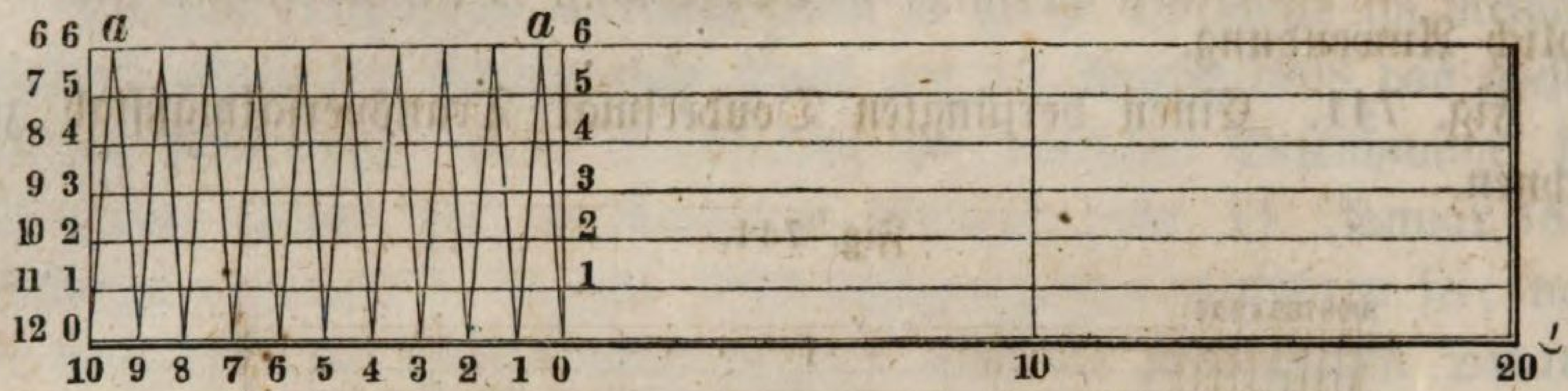
Aufl. Ein Meter werde in 10 gleiche Theile (in Decimeter) getheilt und die Höhe des Maßstabes gleich 1 Meter gemacht, also gleich 10 ebensolchen Decimetern und schließlich werden in der ebenbeschriebenen Weise die schrägen Parallellinien gezogen. Ein derartiger Transversalmaßstab in größerem Verhältnisse nimmt viel Platz auf der Zeich-

nung ein, aus welchem Grunde man ihn lieber in halber Höhe construirt, wie nachstehende Figur zeigt.

Fig. 743 sei ein derartiger Transversalmaßstab in Duodecimalsystem.

Aufl. Man trägt in der Höhe nur 6′ ab (während in Fig. 741 zwölf Theile), steckt auf der obersten Parallele an den Enden $^1/_2$ Theil

Fig. 743.



(6a) ab, (dazwischen kommen jedoch ganze Theile), verbindet ferner a mit 1 und 0 und zieht die Parallelen, so lassen sich auf der Linie von 0 nach a die Zolle von 0 bis 6, und von a nach 1 die Zolle von 6 bis 12 abgreifen.

Den verjüngten Maßstab durch Proportionallinien zu bestimmen.

Wenn eine Zeichnung in Betreff des Flächenraumes größer oder kleiner, als der Originalmaßstab angiebt, hergestellt werden soll, so läßt sich die Größe des hierzu im Verhältniß stehenden Maßstabes durch Proportionallinien feststellen.

Fig. 744. Es soll die Größe eines Maßstabes bestimmt werden, mittels welchem man eine Fläche 2, 3, 4 mal ꝛc. größer als die vorhandene Originalzeichnung herstellen kann.

Fig. 744.

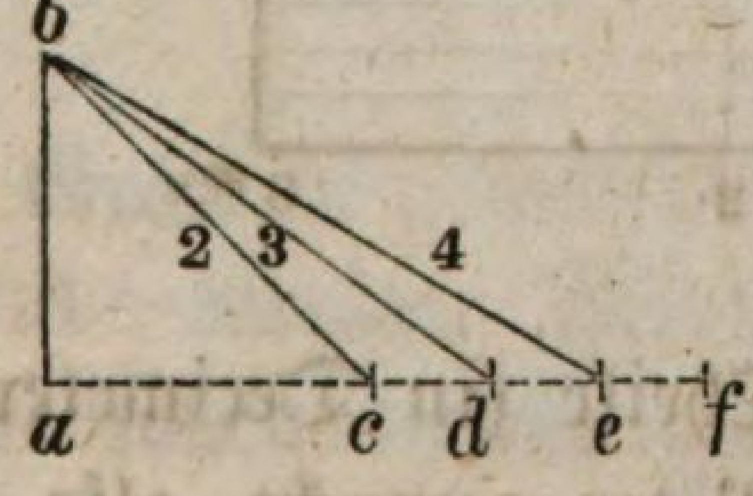
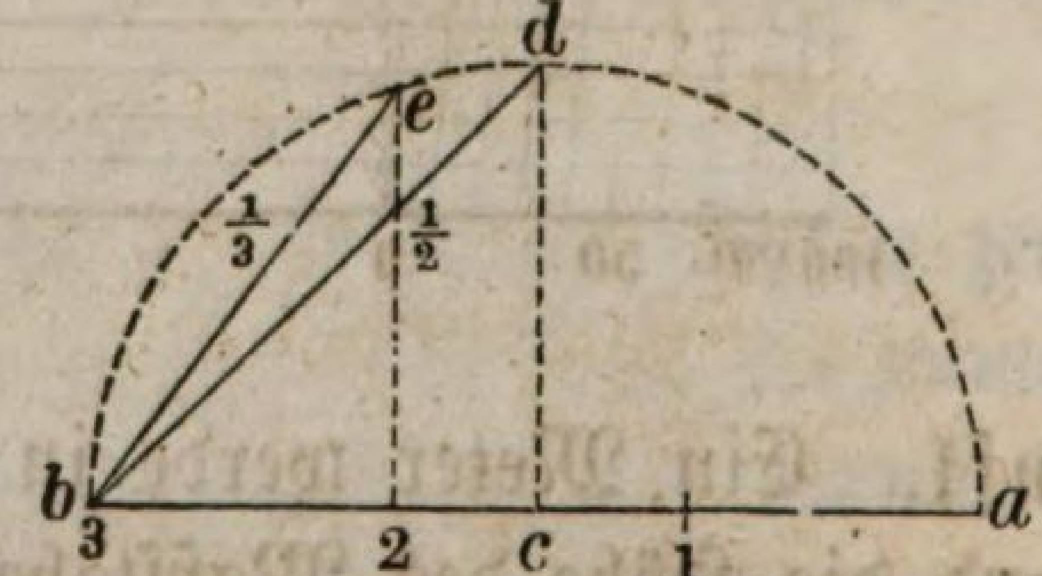


Fig. 745.



Aufl. Das Stück ac sei ein Fuß, Zoll oder Meter in der Größe des dargestellten Gegenstandes, macht man nun ab = ac und verbindet b mit c, so giebt diese Linie die Fuß-, Zoll- oder Meter-Länge eines

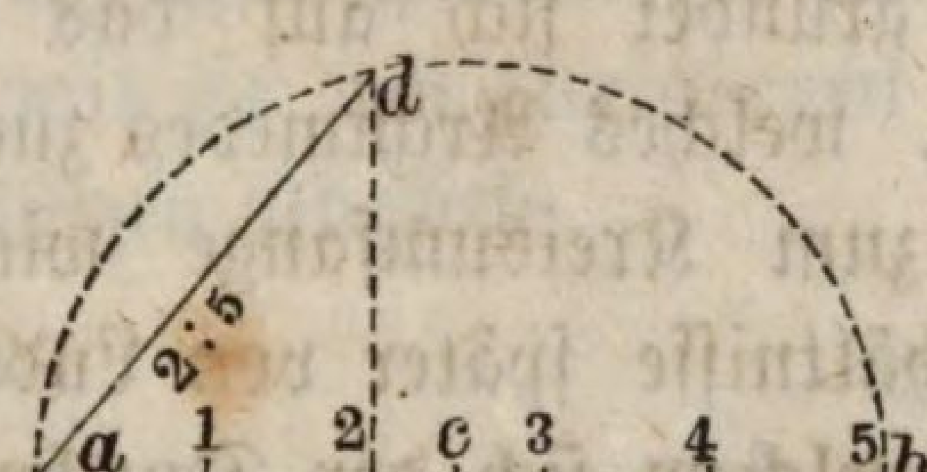
Maßstabes, nach welchem die neue Fläche zweimal so groß als die Originalzeichnung wird; macht man ad=bc, so ist bd die Einheit des dreimal so großen Maßstabes. In dieser Weise kann für einen vier=, fünf= ꝛc. mal größeren Maßstab fortgefahren werden.

Fig. 745. Es soll ein verjüngter Maßstab construirt werden, nach welchem eine Fläche $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ oder $^1/_5$ ꝛc. kleiner als die Originalzeichnung herzustellen ist.

Aufl. Hierbei sei ab die Fuß= resp. Meterlänge vom Maßstabe der Originalzeichnung, halbire dieselbe und beschreibe aus c einen Halbkreis, errichte in c ein Loth bis d, verbinde d mit b, so ist diese Verbindungslinie die Länge eines Fußes resp. Meters, welche die Zeichnung halb so groß giebt; wird nun ab in drei gleiche Theile getheilt, im Punkt 2 ein Loth 2e gefällt, ferner e mit b verbunden, so ist eb die Fuß= resp. Meterlänge, nach welcher die Zeichnung um $^1/_3$ kleiner wird, als die Originalzeichnung.

Fig. 746. Es soll ein Maßstab construirt werden, nach welchem der Flächeninhalt der neuen Zeichnung zu dem der Originalzeichnung in einem näher zu bestimmenden Verhältnisse steht, z. B. wie 2 : 5.

Fig. 746.



Aufl. Dieses Beispiel ist dem vorigen ähnlich, es wird hier die gegebene Maßeinheit ab in c halbirt und aus c ein Halbkreis beschrieben, dann ab in 5 gleiche Theile getheilt, im Theilpunkt 2 ein Loth d2 errichtet und a mit d verbunden, dann ist ad die Länge der Maß=Einheit, nach welcher die neue Zeichnung hergestellt werden kann, und deren Größe sich zur Originalzeichnung wie 2 : 5 verhält.

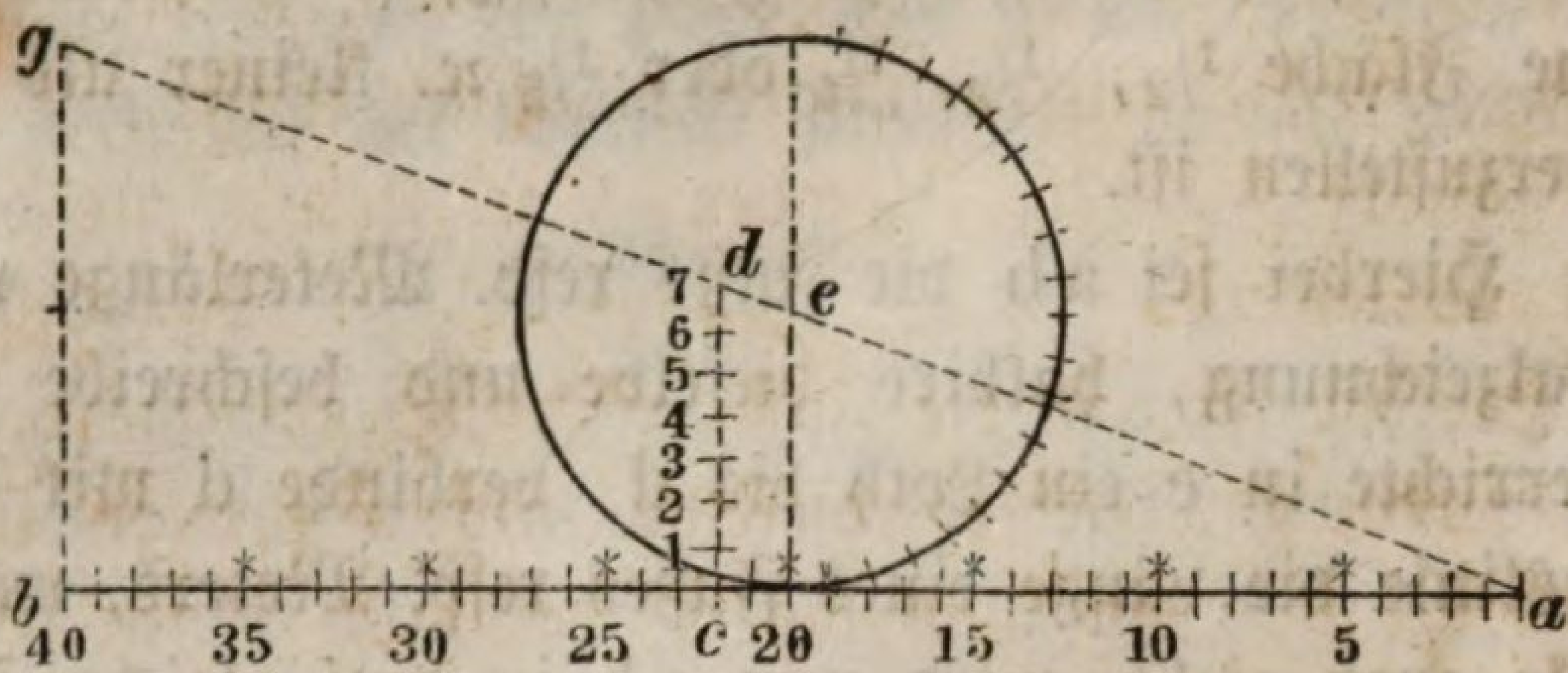
Die mitgetheilten Fälle kommen in der Praxis vielfach vor, z. B. wenn Grundrisse und Situationspläne umgezeichnet werden sollen.

Proportional=Maßstab.

Fig. 747. Es soll ein Proportional=Maßstab construirt werden, nach welchem man die Halbmesser für eine bestimmte Anzahl Theile eines Umkreises abnehmen kann.

Aufl. Bringe auf die Grade ab 40 bis 50 gleich große Theile von beliebiger Größe, hier also z. B. 40 Theile. Errichte auf 22 ein Loth cd und trage auf demselben 7 gleiche Theile ab. Soll nun der

Fig. 747.



Kreis in 40 gleiche Theile getheilt werden, von welchem jeder z. B. 6^{cm} groß ist, so daß der Umfang $(40 . 6)^{cm}$ beträgt, so wird jeder der sieben Theile 6^{cm} groß gemacht. Ferner errichtet man in 20 und 40 ebenfalls Lothe, verbindet a mit d und verlängert diese Verbindungslinie bis die Senkrechte auf b in g durchschnitten wird, dann ist c20 der Radius und gb der Durchmesser des Kreises, in dessen Umfang $1/_7$ cd oder 6^{cm} 40mal aufgeht.

Dieses Verfahren gründet sich auf das Verhältniß des Durchmessers zur Peripherie, welches Archimedes zuerst fand, nämlich, daß sich der Durchmesser zum Kreisumfange wie 7 : 22 verhält. Es wurden zwar diese Verhältnisse später von Ludolph von Köln weit genauer angegeben, nach welchem sich der Durchmesser zum Umkreise wie 100 : 314 oder 1000 : 3141 verhält oder $\pi = 3,14159$ beträgt; jedoch für das Zeichnen nicht zu großer Kreise bietet obiges Verhältniß hinlängliche Genauigkeit.

Regelmäßige Polygone in Kreise zu zeichnen.

Fig. 748. In einen gegebenen Kreis ein gleichseitiges Dreieck resp. Sechseck zu zeichnen.

Aufl. Ziehe den Durchmesser ab, beschreibe aus a mit dem Radius ax einen Kreisbogen, welcher die Peripherie des Kreises in e und f schneidet, verbinde e mit f, so ergiebt sich eine Seite des gleichseitigen Dreiecks efb. Wird aus b mit bx ebenfalls ein Kreisbogen bis c und d beschrieben, dann ist aecbdf das gewünschte gleichmäßige Sechseck.

Fig. 749. In einen gegebenen Kreis ein Quadrat resp. Achteck zu zeichnen, welches den Umfang des Kreises berührt.

Fig. 748.

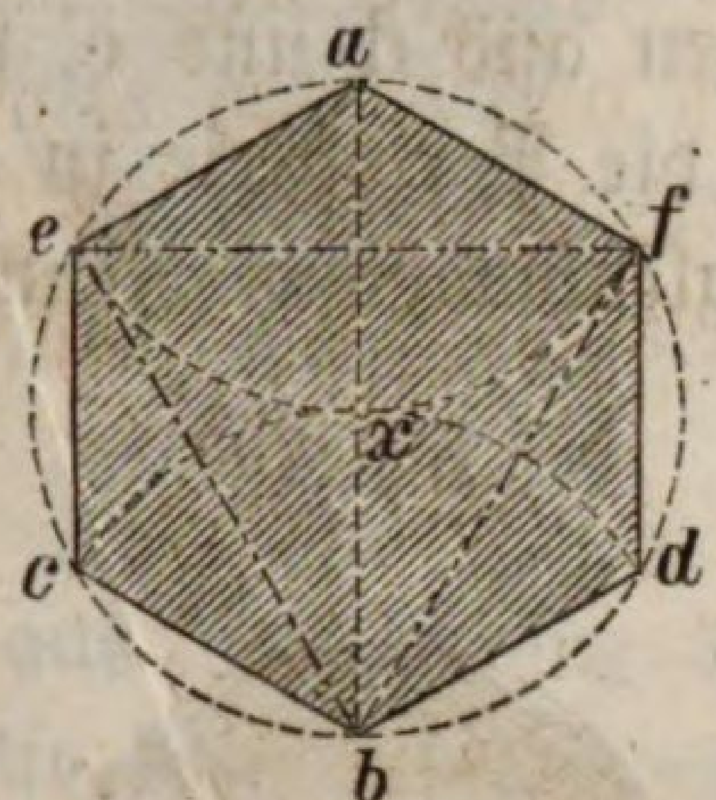
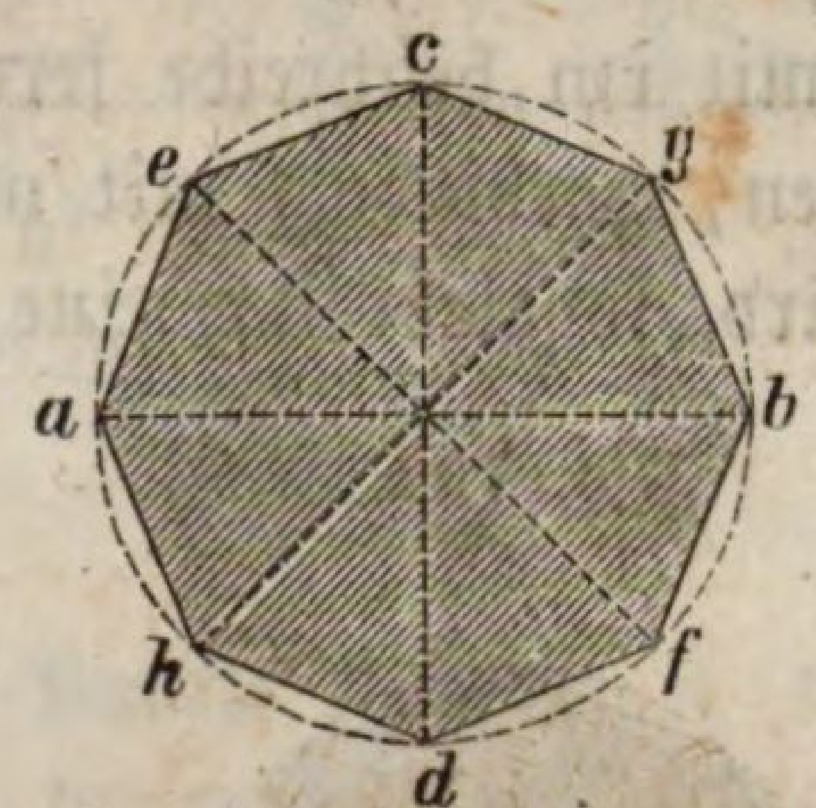


Fig 749.



Aufl. Man ziehe die Durchmesser ab und cd senkrecht aufeinander, verbinde c mit a und b, und d mit a und b, so entsteht das Quadrat; zieht man außerdem noch zwei Durchmesser ef und gh im Winkel von 45°, so giebt ceahdfbgc das gewünschte gleichseitige Achteck.

Fig. 750. Ein gleichmäßiges Fünfeck in einen gegebenen Kreis zu zeichnen.

Aufl. Ziehe die Durchmesser cd ⊥ ab, halbire den Radius am in e, beschreibe aus e mit ec den Kreisbogen cf, so ist die Sehne cf eine Seite des gleichmäßigen Fünfecks.

Fig. 750.

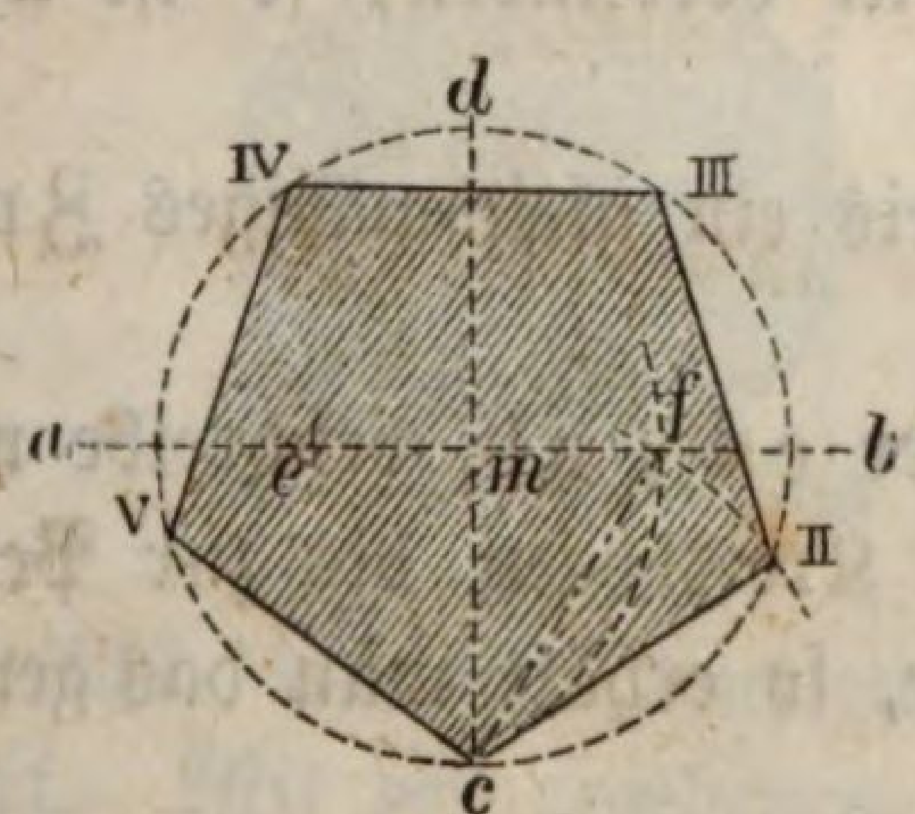


Fig. 751.

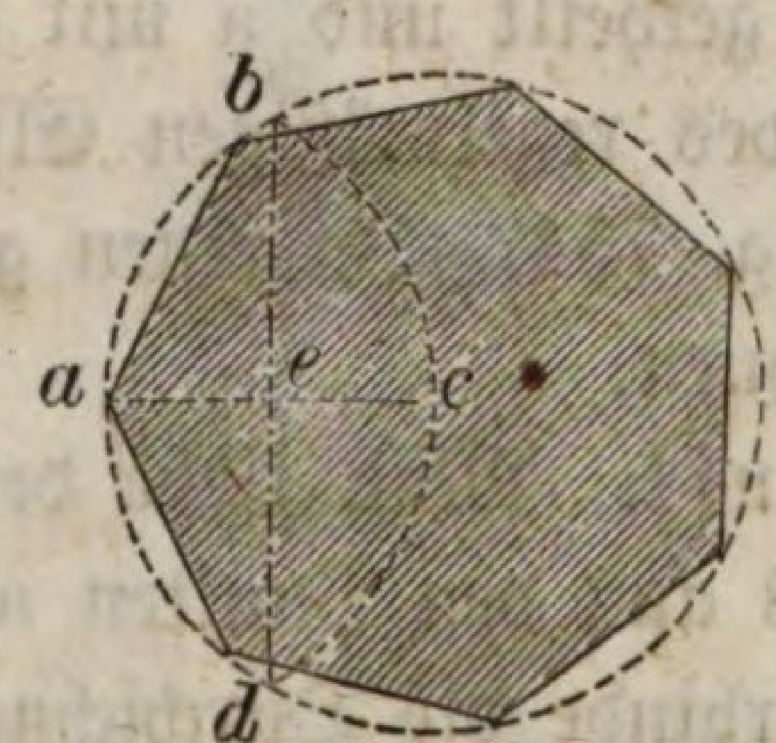


Fig. 751. Ein gleichmäßiges Siebeneck in einen gegebenen Kreis zu zeichnen.

Aufl. Mit dem Radius ac wird ein Kreisbogen beschrieben, welcher die Peripherie in d und b schneidet, und alsdann die Sehne db gezogen, so ist die halbe Sehne be eine Seite des gleichmäßigen Siebenecks.

Fig. 752. Ein regelmäßiges Neuneck in einen gegebenen Kreis zu zeichnen.

Aufl. Mit dem Radius im beschreibe aus i einen Kreisbogen bmc, ziehe die Sehne bc und verlängere dieselbe über b, mache de=im, mit im beschreibe ferner Kreisbögen aus d und e, welche in f sich kreuzen, verbinde f mit m, wodurch die Peripherie in g durchschnitten wird, so giebt bg eine Seite des gleichmäßigen Neunecks.

Fig. 752.

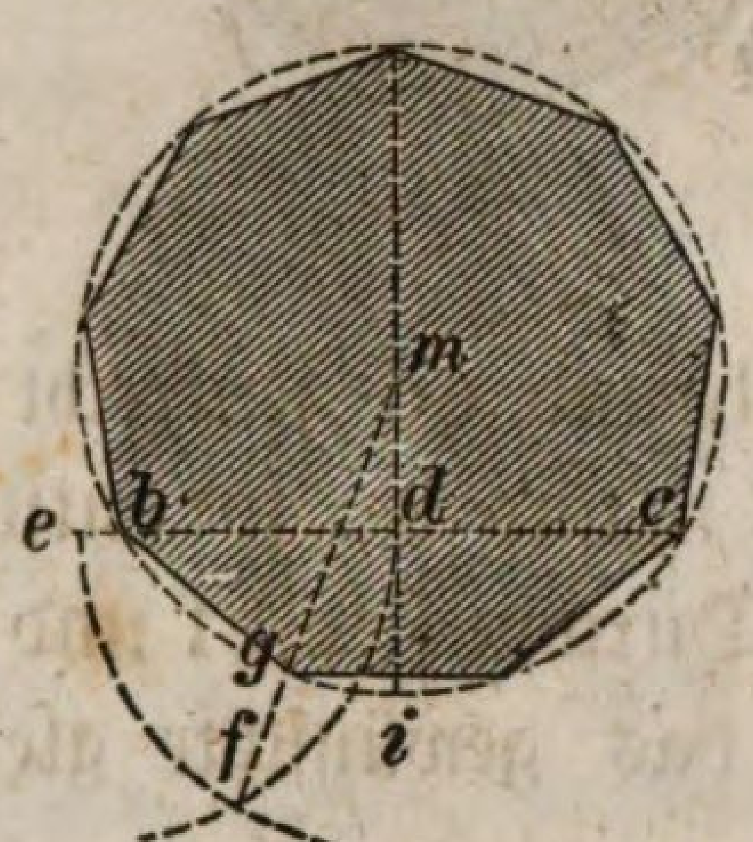


Fig. 753.

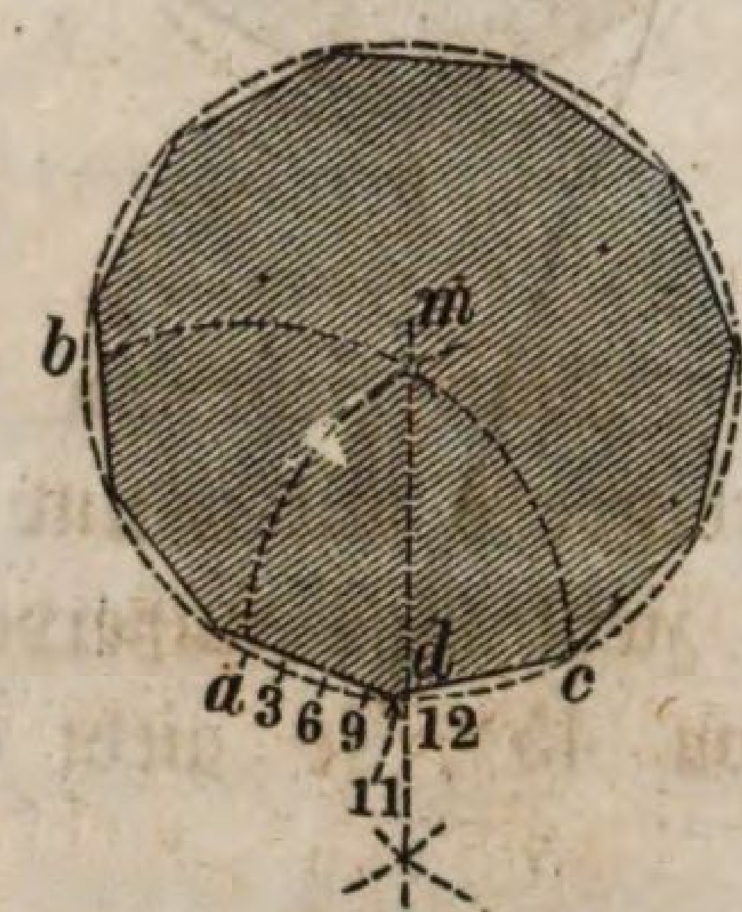


Fig. 753. Ein regelmäßiges Elfeck in einen Kreisbogen zu zeichnen.

Aufl. Aus dem in der Peripherie beliebig angenommenen Punkt a wird mit dem Radius md der Bogen bmc und aus c der Bogen am beschrieben, alsdann der Bogen am in d halbirt, ad in 12 gleiche Theile getheilt und a mit dem 11. Theile verbunden, so ist a11 eine Seite des regelmäßigen Elfeckes.

Fig. 754. In einen gegebenen Kreis ein gleichmäßiges Zwölfeck zu zeichnen.

Aufl. Man ziehe den Durchmesser cd ⊥ ab, beschreibe mit dem Radius aus den Punkten a, b, c und d Kreisbögen bis zur Peripherie und verbinde die Durchschneidungspunkte, so erhält man das gewünschte gleichmäßige Zwölfeck.

Fig. 755. Ein beliebiges Vieleck in einen gegebenen Kreis zu zeichnen, z. B. ein Dreizehneck.

Aufl. Mit der Zirkelöffnung ab werden aus a und b die Kreisbögen cad aus cbd beschrieben, welche sich in c und d kreuzen, alsdann wird der Durchmesser ab in dreizehn gleiche Theile getheilt; von c aus werden durch die Punkte 2, 4, 6, 8, 10 und 12 gerade Linien strahlenförmig gezogen und bis zur Peripherie verlängert. Dasselbe

Fig. 754.

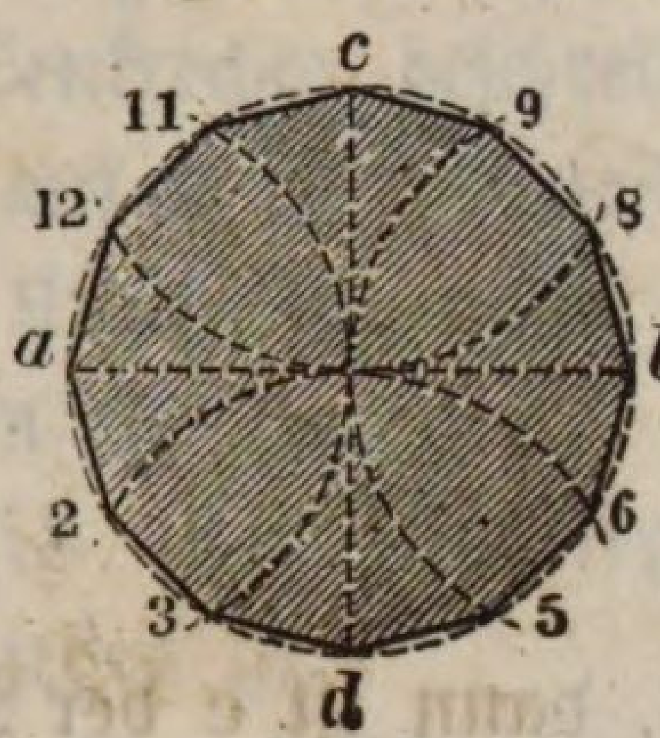
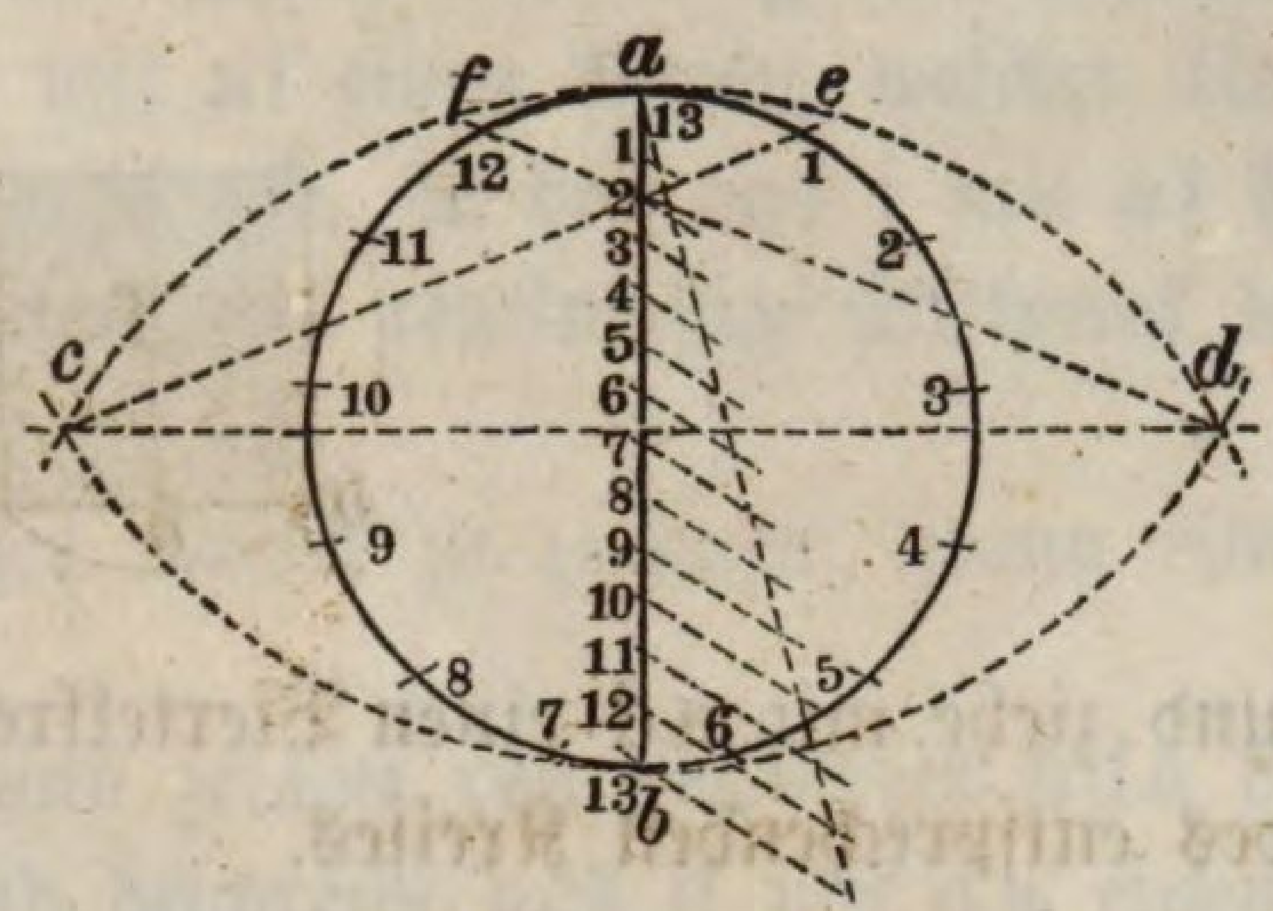


Fig. 755.



geschieht aus dem Punkte a durch die Punkte 2, 4, 6, 8, 10 und 12, so daß also der Umfang des Kreises in dreizehn gleiche Theile getheilt wird. Verbindet man diese Theilungspunkte miteinander, so entsteht das Dreizehneck. In dieser Weise kann jedes Vieleck construirt werden, wenn der Durchmesser ab in entsprechende Stücke zerlegt wird.

Fig. 756. Ein regelmäßiges Achteck in ein gegebenes Quadrat abcd zu zeichnen.

Aufl. Es werden die Diagonalen ad und cb gezogen, welche sich in e kreuzen, dann sind mit der Zirkelöffnung ae aus abc und d Kreisbögen zu zeichnen, welche die Seiten des Quadrates durchschneiden. Verbindet man die Durchschneidungspunkte, so entsteht das regelmäßige Achteck.

Fig. 756.

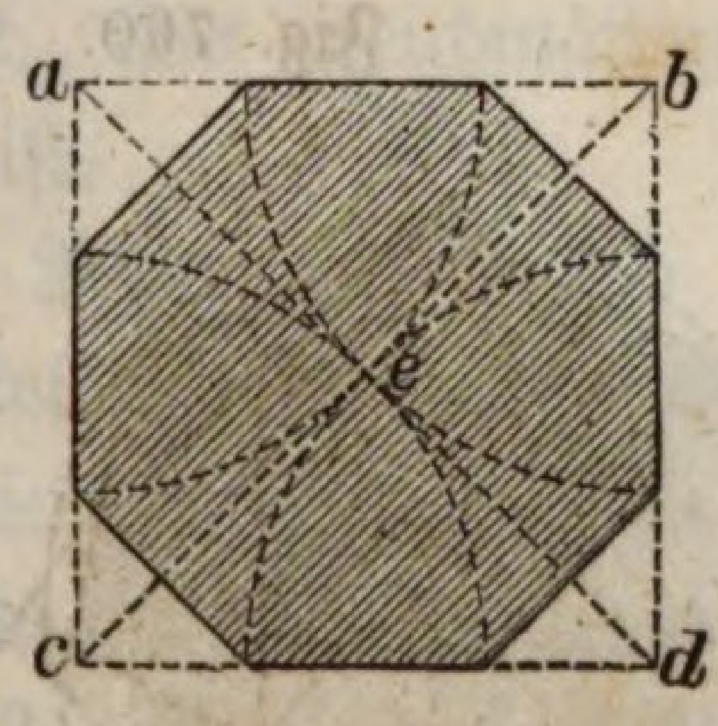


Fig. 757.

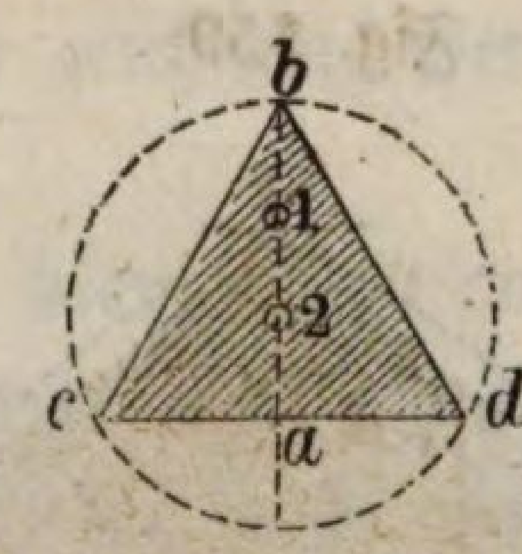


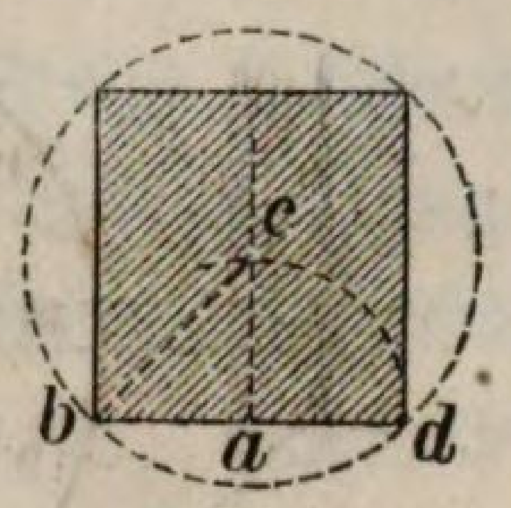
Fig. 757. Um ein gleichseitiges Dreieck einen Kreis zu beschreiben.

Aufl. Mit der gegebenen Seite cd werden aus c und d Kreisbögen geschlagen, welche in b sich kreuzen und alsdann wird das gleichseitige Dreieck cbd gezeichnet. Um einen Kreis um dasselbe zu construiren, errichte man auf cd aus b eine Senkrechte ba, theile dieselbe in 3 gleiche Theile, dann ist der Punkt 2 der Mittelpunkt des Kreises cbd.

Fig. 758. Um ein Quadrat einen Kreis zu construiren.

Aufl. Halbire die Seite bd in a, errichte hierauf eine Senk=

Fig. 758.



rechte und ziehe mit ad einen Viertelkreis acd, dann ist c der Mittelpunkt des entsprechenden Kreises.

Polygone zu zeichnen, wenn die Länge einer Seite derselben gegeben ist.

Fig. 759. Ein gleichseitiges Fünfeck zu construiren, wenn eine Seite ab gegeben ist.

Aufl. Errichte in a eine Senkrechte, halbire die Seite ab in i und verlängere ab, beschreibe aus i mit der Zirkelöffnung ab einen Kreisbogen, welcher die Verlängerung von ab in e und die Senkrechte auf a in d schneidet, dann werden mit der Zirkelöffnung eb aus b und a Kreisbögen beschrieben, welche sich in f kreuzen; ferner beschreibe man mit da aus a den Bogen dg, sowie mit derselben Zirkelöffnung einen Bogen aus b, welcher in h schneidet, so geben a, b, h, f und g die Eckpunkte des gleichseitigen Fünfecks.

Fig. 759.

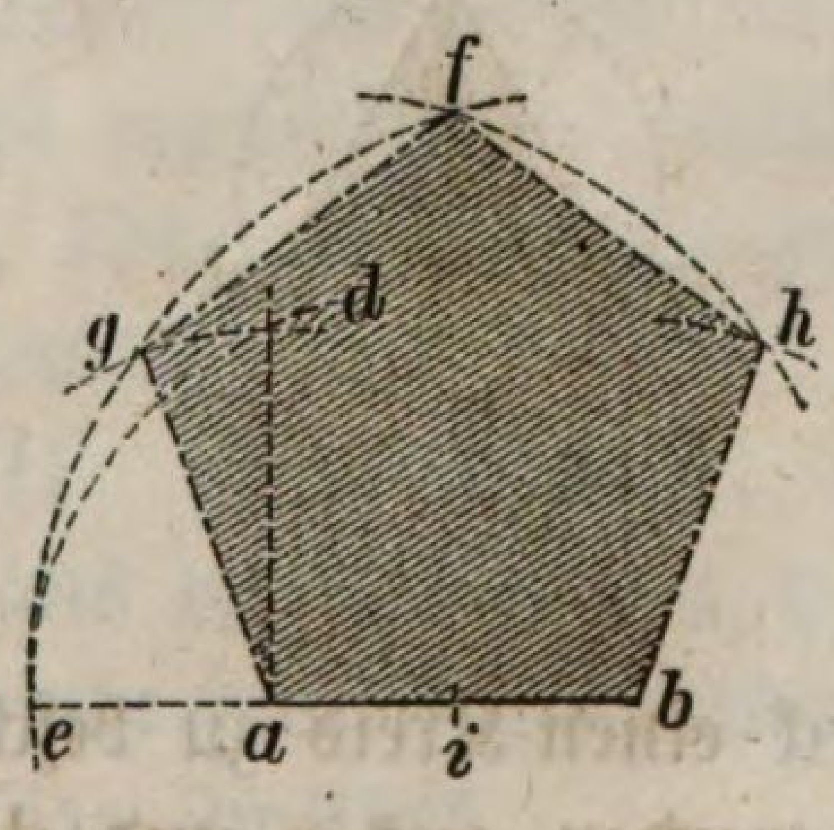


Fig. 760.

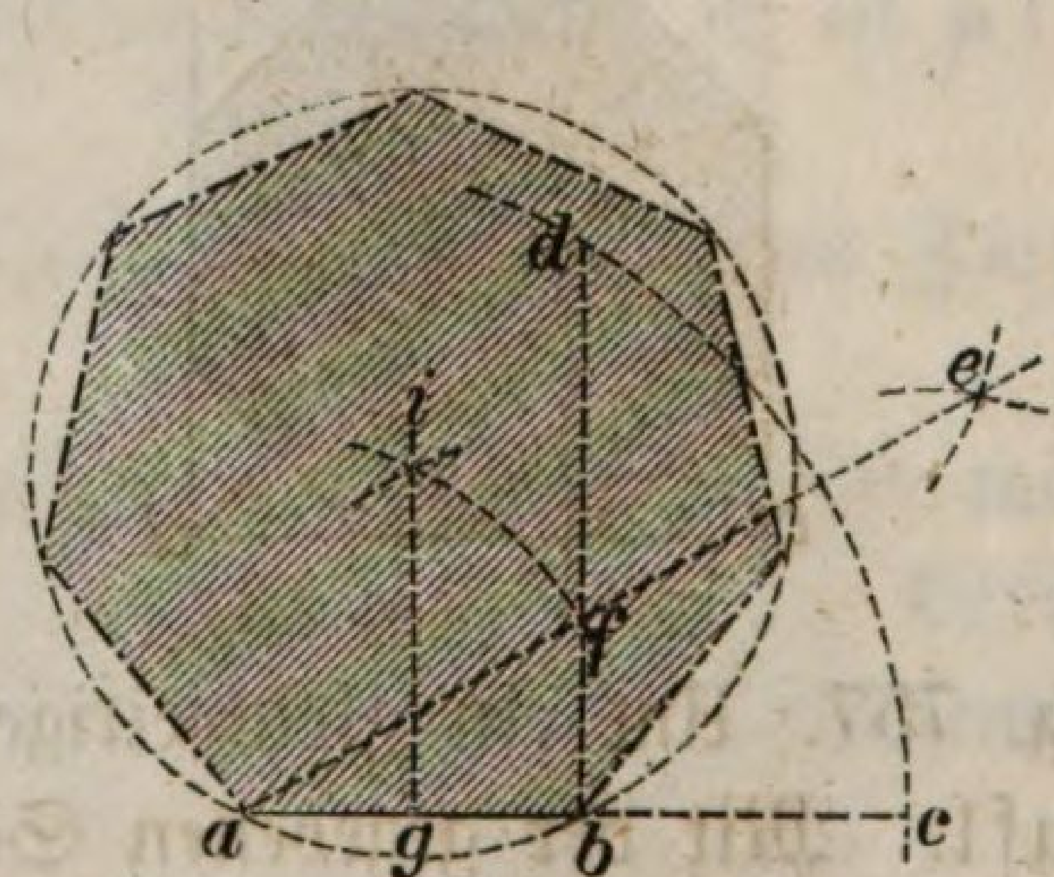


Fig. 760. Ein gleichseitiges Siebeneck zu zeichnen, wenn eine Seite ab gegeben ist.

Aufl. Man mache die Verlängerung bc gleich ab, errichte in b eine Senkrechte und beschreibe mit der Zirkelöffnung ac einen Kreisbogen, welcher die Senkrechte in d schneidet, halbire den nun entstandenen Winkel dac mit der Halbirungslinie ae, so daß die Senkrechte

db in f geschnitten wird; halbire ferner ab in g und errichte auf g eine Senkrechte, beschreibe dann mit af einen Bogen, welcher die Senkrechte auf g in i schneidet, so geht ab, in den aus i mit ai beschriebenen Kreis, siebenmal auf, wonach das regelmäßige Siebeneck leicht zu zeichnen ist.

Fig. 761. Ein regelmäßiges Achteck zu zeichnen, wenn eine Seite ab gegeben ist.

Aufl. Halbire ba in c und zeichne den Halbkreis bda darüber, errichte in c eine Senkrechte und beschreibe aus d mit da einen Kreisbogen, welcher die Senkrechte in m schneidet. Wird nun aus dem Mittelpunkt m mit dem Radius bm ein Kreis construirt, so geht ba achtmal in den Umfang desselben auf.

Fig. 761.

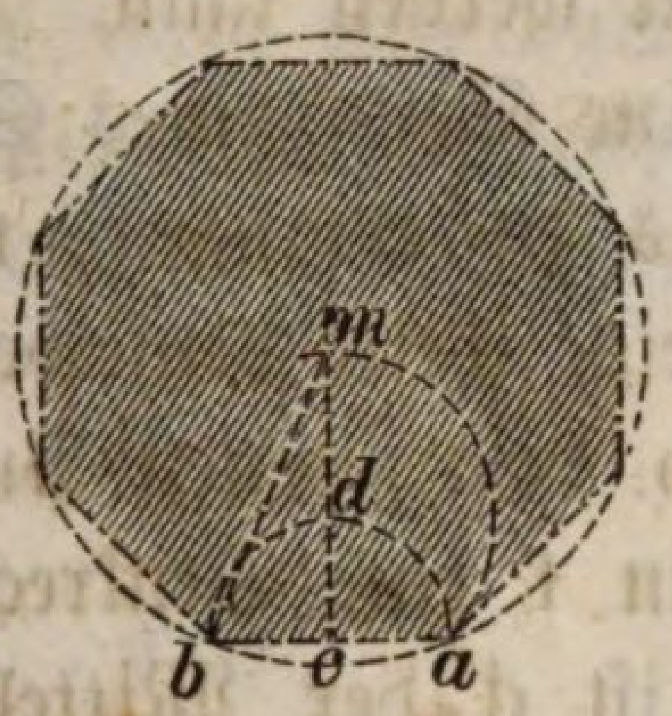


Fig. 762.

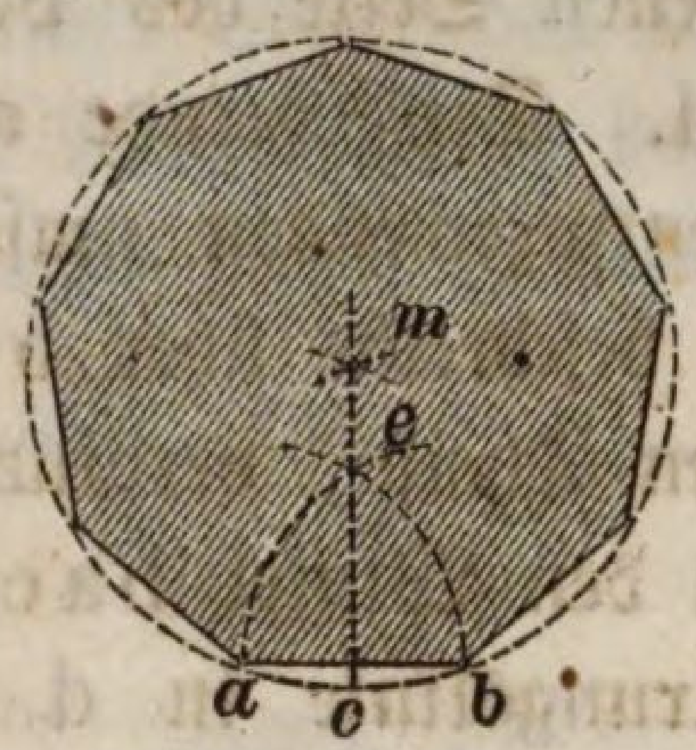


Fig. 762. Ein gleichmäßiges Neuneck zu zeichnen, wenn eine Seite ab gegeben ist.

Aufl. Man halbire ab in c, errichte hierauf ein Loth, beschreibe mit der Zirkelöffnung ab aus a und b Kreisbögen, welche in e sich schneiden, bringe ac nach em, so ist m der Mittelpunkt des Kreises, in dessen Umfang ab neunmal aufgeht.

Fig. 763. Ein regelmäßiges Zehneck zu zeichnen, wenn eine Seite ab gegeben ist.

Aufl. Man halbire ab in c, errichte in c eine Senkrechte, mache bf=ac, beschreibe mit af aus b einen Kreisbogen, so daß die Senkrechte in m durchschnitten wird, und ziehe mit mb aus dem Mittelpunkt m einen vollen Kreis, so geht in denselben ab zehnmal auf.

Fig. 764. Ein regelmäßiges Elfeck zu zeichnen, wenn die eine Seite ab gegeben ist.

Aufl. Ueber ab construire man das gleichseitige Dreieck acb, theile ab in sechs gleiche Theile, errichte in d eine Senkrechte und

Fig. 763.

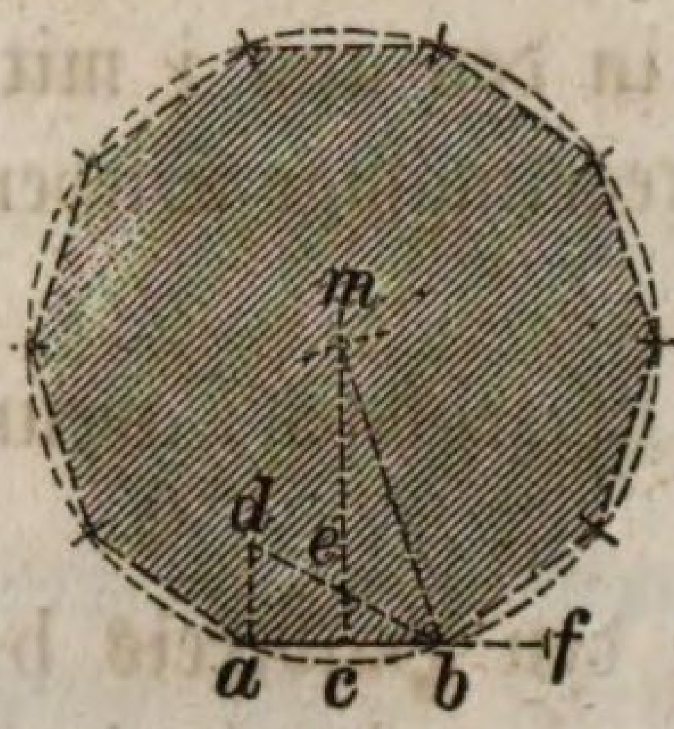
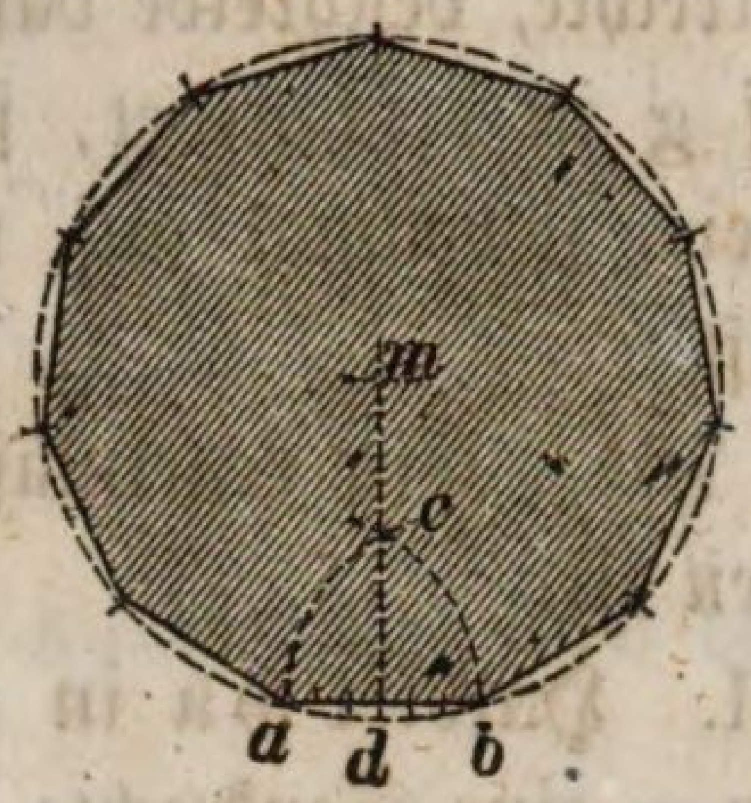


Fig. 764.



bringe $^{5}/_{6}$ ab von c nach m, beschreibe um m mit ma einen vollen Kreis, trage am Umfange desselben ab elfmal ab, so entsteht das regelmäßige Elfeck.

Fig. 765. Allgemeine Construction, nach welcher der Kreis nach der gegebenen Seite des Polygons bestimmt werden kann.

Aufl. Die Gerade ab sei z. B. eine Seite eines Siebeneckes; um den entsprechenden umschließenden Kreis zu erlangen, mache man ae=ab, beschreibe über be einen Halbkreis, theile denselben in ebenfalls sieben Theile, verbinde a mit c resp. dem zweiten Punkte, halbire dann den Winkel bac und errichte in f eine Senkrechte, welche die Halbirungslinie in d schneidet, so ist d der Mittelpunkt des Kreises.

Fig. 765.

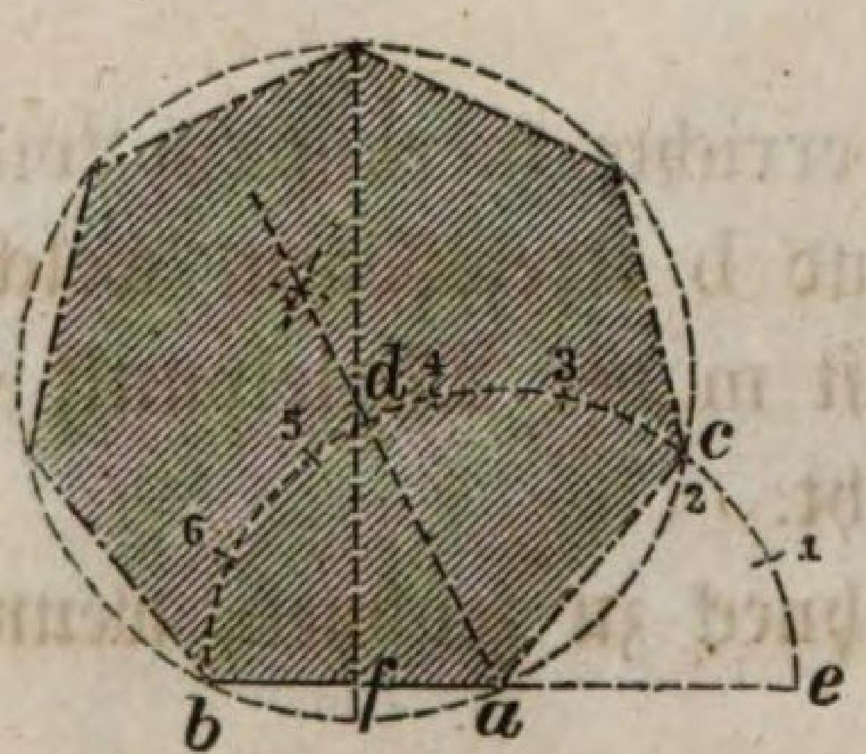


Fig. 766.

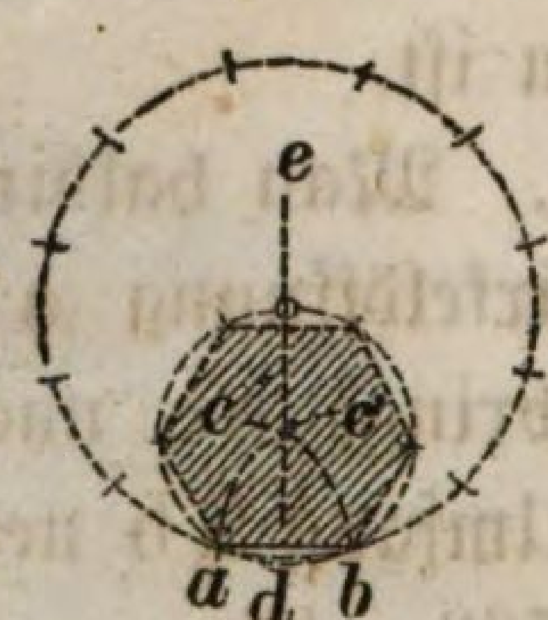


Fig. 766. Mit der gegebenen Seite ab ein gleichmäßiges Sechseck, Zwölfeck 2c. zu zeichnen.

Aufl. Die Gerade ab wird in d halbirt, hierauf eine Senkrechte errichtet, mit ab das gleichseitige Dreieck abc construirt, und aus c mit ac ein Kreis gezogen, in welchen ab sechsmal aufgeht. Wird nun vom Durchschneidungspunkte e ein Kreis mit ae beschrieben, dann geht ab zwölfmal in denselben auf u. s. w.

Ermittelung des Mittelpunktes des Kreises.

Fig. 767. Bei einem vorhandenen Kreise den Mittelpunkt zu finden.

Aufl. Man zieht in den Kreis zwei beliebige Sehnen ab und cd, und errichtet in der Mitte derselben die Senkrechte de und fg, welche in ihren Durchschneidungen den Mittelpunkt geben.

Die Tangenten am Kreise.

Jede Linie, welche den Umfang eines Kreises oder einer beliebigen Kurve berührt, heißt die Berührungslinie oder Tangente. Es kommen hierbei verschiedene Fälle vor:

1. an einen gegebenen Punkt des Kreisumfangs die Tangenten zu ziehen, oder

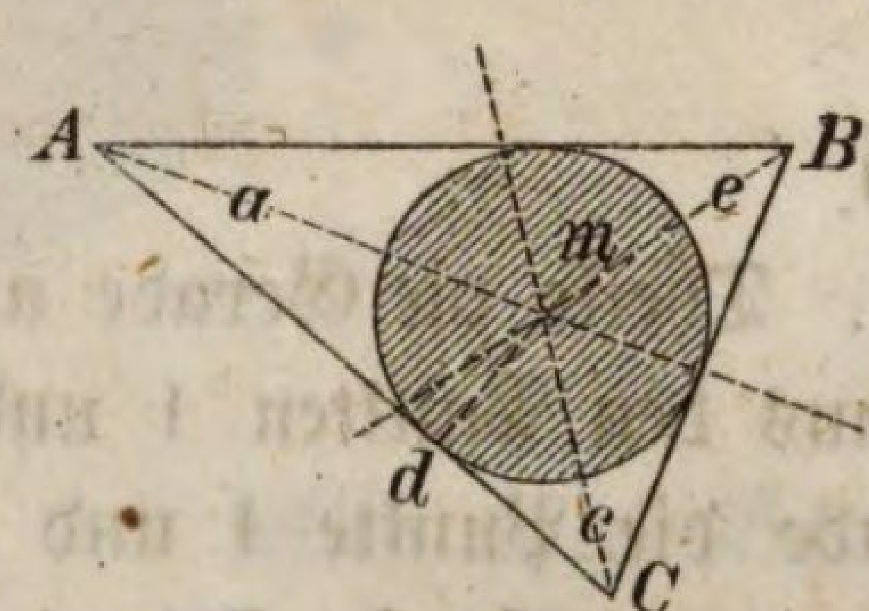
2. von einem außerhalb, jedoch in derselben Ebene des Kreises liegenden Punkte die Berührungspunkte der Tangenten zu bestimmen.

Fig. 768. In ein gegebenes Dreieck einen Kreis zu zeichnen.

Fig. 767.



Fig. 768.



Aufl. Hierbei bilden die Seiten des Dreiecks ABC Tangenten zum Kreise. Um den Mittelpunkt des zu zeichnenden Kreises zu erhalten, halbire man den Winkel ABC, BCA und CAB, dann schneiden sich die Halbirungslinien ae und c im Mittelpunkte m, zieht man nun von m aus eine Senkrechte auf AC, so ist md der Radius des Kreises, an welchem sämmtliche Seiten des Dreiecks tangiren.

Das Zeichnen der Ovalen und der Eilinien.

Die Eilinie und die Ovale ist eine krumme, in sich selbst zurückkehrende, aus einer bestimmten Anzahl Kreisstücke (etwa aus 4 oder 8 Kreisbögen) bestehende Linie.

Eine Ovale entsteht, wenn die senkrecht aufeinander stehenden Hauptachsen die Figur in vier ganz gleiche Theile zerlegen, hingegen

wird eine Eilinie gebildet, wenn die durch die kleine Achse getrennten Hälften verschieden sind.

Fig. 769. Eine Ovale zu zeichnen, wenn die Hauptachse ab gegeben ist.

1. Aufl. Theile die Gerade ab in drei gleiche Theile, beschreibe mit der Zirkelöffnung a 1 aus den Punkten 1 und 2 Kreise, welche sich in d und c kreuzen, verbinde dann d mit 1 und 2, ebenfalls c mit 1 und 2, verlängere diese Linien bis e und ziehe schließlich mit ce aus c und d Kreisbögen, so entsteht die Ovale.

Fig. 769.

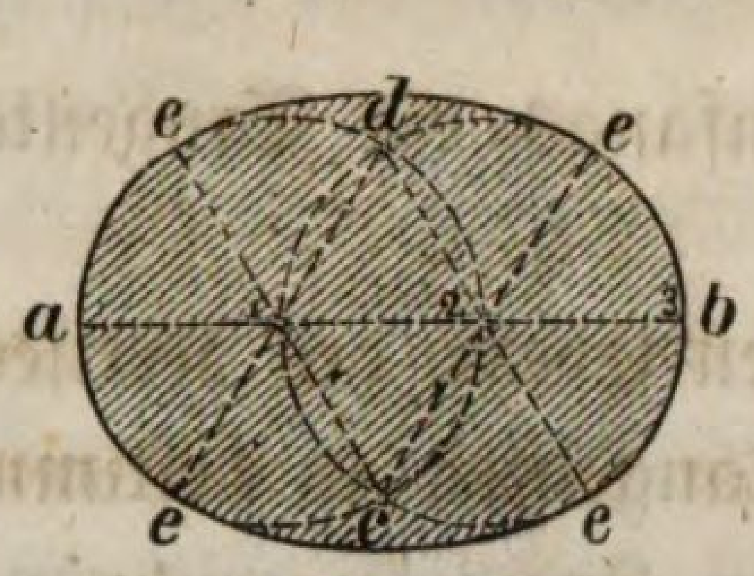


Fig. 770.

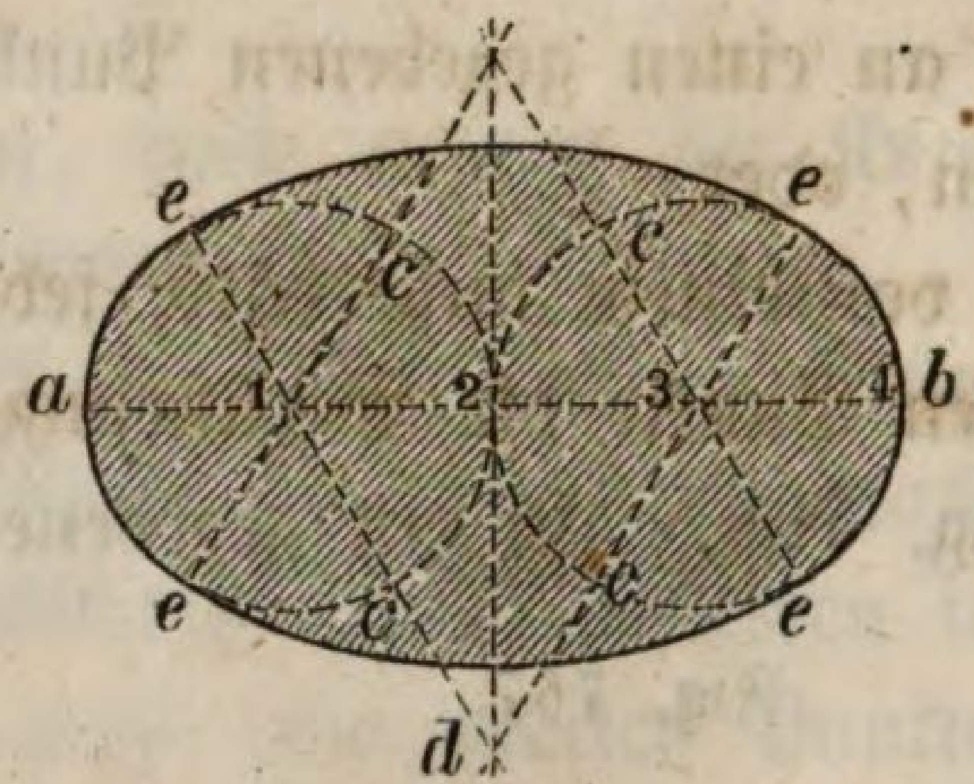


Fig. 770.

2. Aufl. Theile die Gerade ab in 4 Theile, ziehe mit der Zirkelöffnung a 1 aus den Punkten 1 und 3 Kreise, errichte in 2 eine Senkrechte, verbinde die Punkte 1 und 3 mit c und verlängere dann diese Linie bis zu e und d, so sind 1 und 3 Mittelpunkte zu den kleinen Kreisen, und d Mittelpunkte zu den großen Kreisbögen, welche die Ovale bilden.

Fig. 771.

A. B.

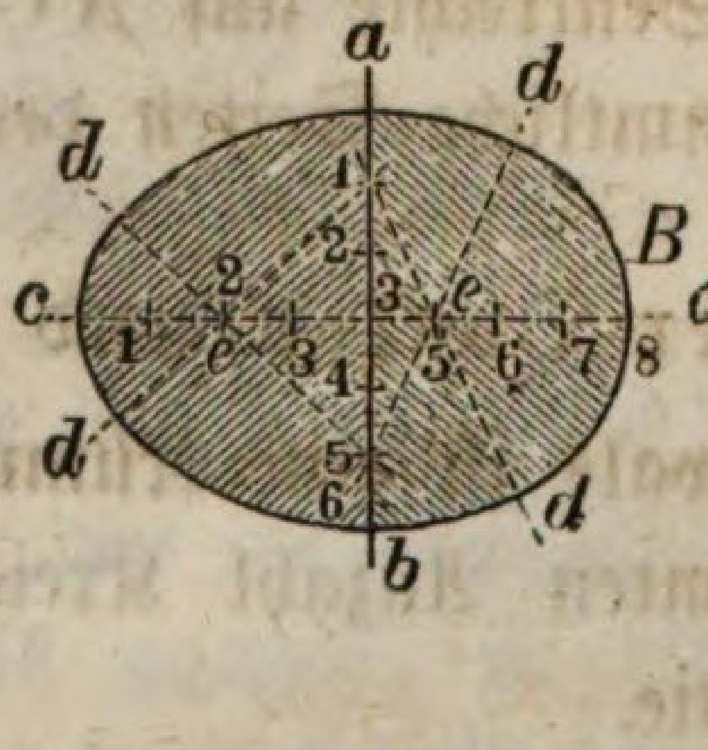


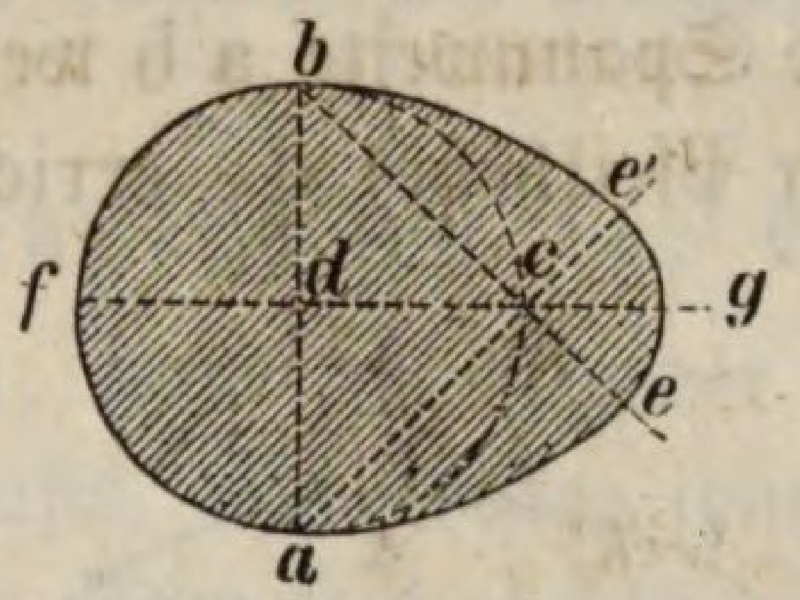
Fig. 771 A und B geben die Construction von zwei verschiedenen Ovalen, bei welchen die kleine Achse ab zur großen cc sich wie 3 : 4

verhält. Man theile die kleine Achse in 6 und die große in 8 gleiche Theile, verbinde in Fig. 771 A die Punkte 1 und 5 auf der kleinen Achse mit dem Punkte 2 auf der großen Achse und beschreibe aus den letzteren Punkten Kreisbögen, wie in der Figur zu ersehen ist. Bei Fig. 771 B werden 1 und 5 auf der kleinen Achse mit 5 auf der großen Achse zu Mittelpunkten angenommen, so ist bei Fig. 771 A das Ende der Ovale spitzer, als dasjenige bei Fig. 771 B.

Fig. 772. Construction einer Eilinie; die kleine Achse a b sei gegeben.

Aufl. Man halbire die Gerade a b in d und mache einen Kreis, ziehe die große Achse, verbinde a und b mit c, verlängere diese Verbindungslinien bis e, beschreibe aus a und b mit der Zirkelöffnung a b die Kreisbögen b e und a e′ und zeichne schließlich mit e c den Bogen e e′, dann ist e′ b f a e die gewünschte Eilinie.

Fig. 772.



Die Ovale und Eilinie finden nur selten beim Bauzeichnen Anwendung; erstere kommt bei einigen Grundrißformen der Zimmer (Boudoir, Entré ꝛc.) vor.

Construction der Korbbögen.

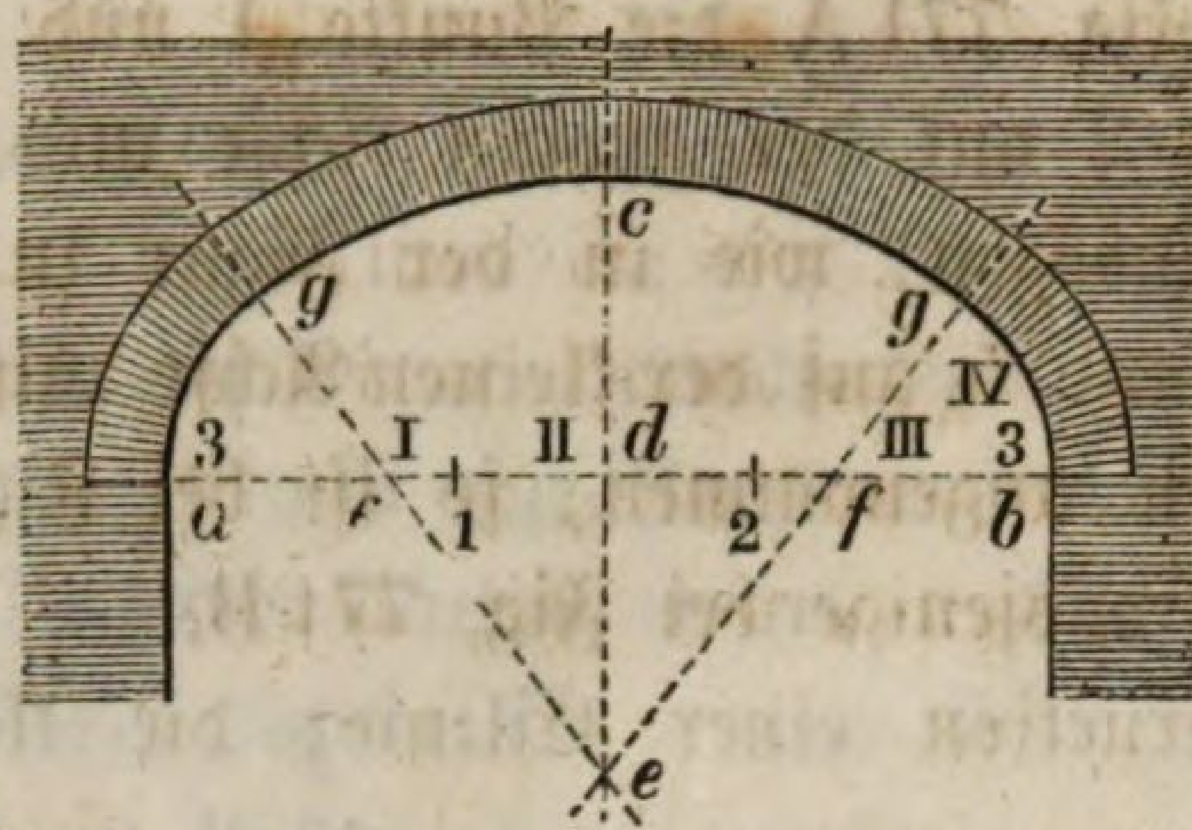
Der Korbbogen ist eine aus mehreren Kreisbögen zusammengesetzte gedrückte Bogenlinie. Er wird aus 3, 5, 7, 9 oder 11 Mittelpunkten construirt. Die große Achse heißt die Spannweite, und die halbe kleine Achse die Pfeilhöhe des Bogens, und in der Regel sind beide Hauptmaße gegeben.

Im Nachstehenden sollen nur die drei wichtigsten Constructionen gezeigt werden.

Fig. 773. Einen Korbbogen aus 3 Mittelpunkten zu zeichnen, wenn die Spannweite gegeben ist.

Aufl. Die Spannweite a b theile man in drei gleiche Theile,

Fig. 773.

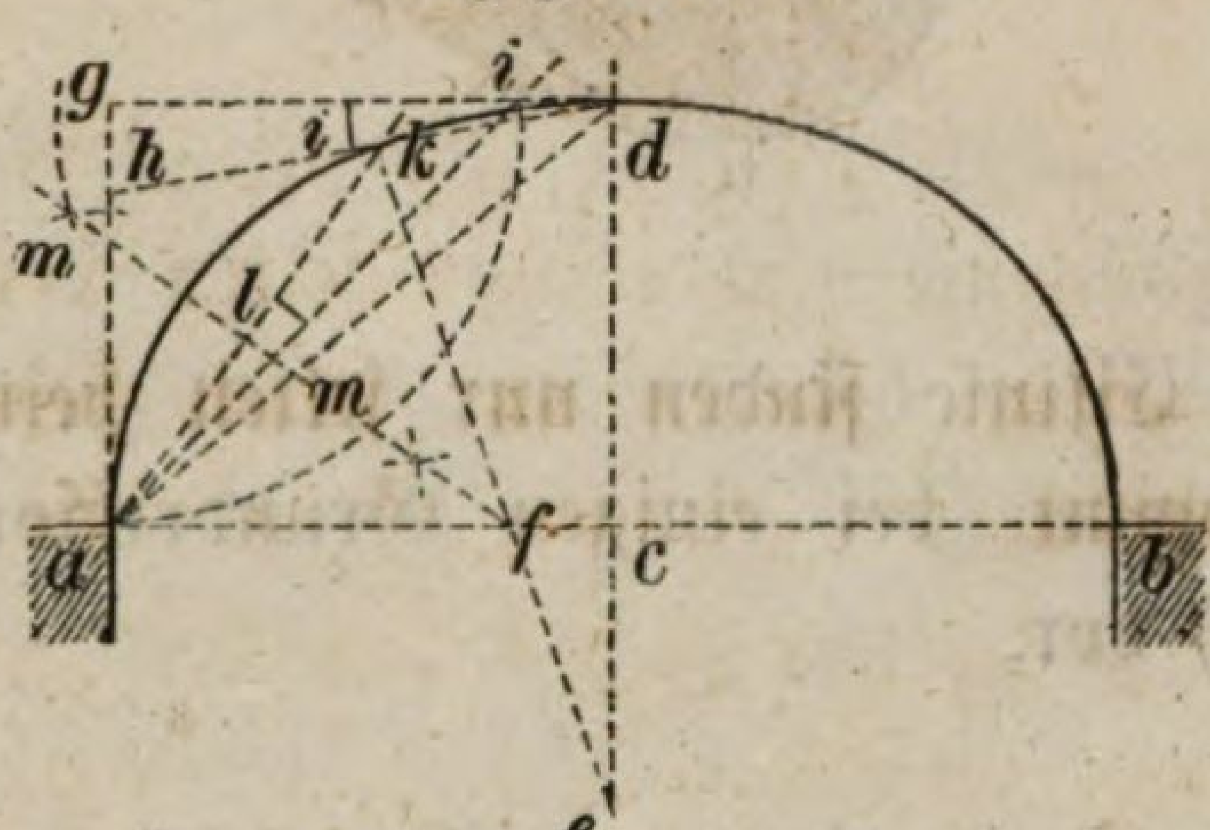


halbire ab in d, errichte hierauf eine Senkrechte und mache cd = ed = $^1/_3$ ab. Dann theile man ab in IV Theile, verbinde e mit I und III, verlängere diese Verbindungslinie bis g, so werden die kleinen Bögen ag aus den Punkten I und III, und der Bogen gcg aus e beschrieben.

Fig. 774. Einen Korbbogen aus 3 Mittelpunkten zu construiren, wenn Spannweite und Pfeilhöhe gegeben sind.

Aufl. Die gegebene Spannweite ab werde in c halbirt, hierauf eine Senkrechte (gleich der Pfeilhöhe) dc errichtet und von d aus eine

Fig. 774.



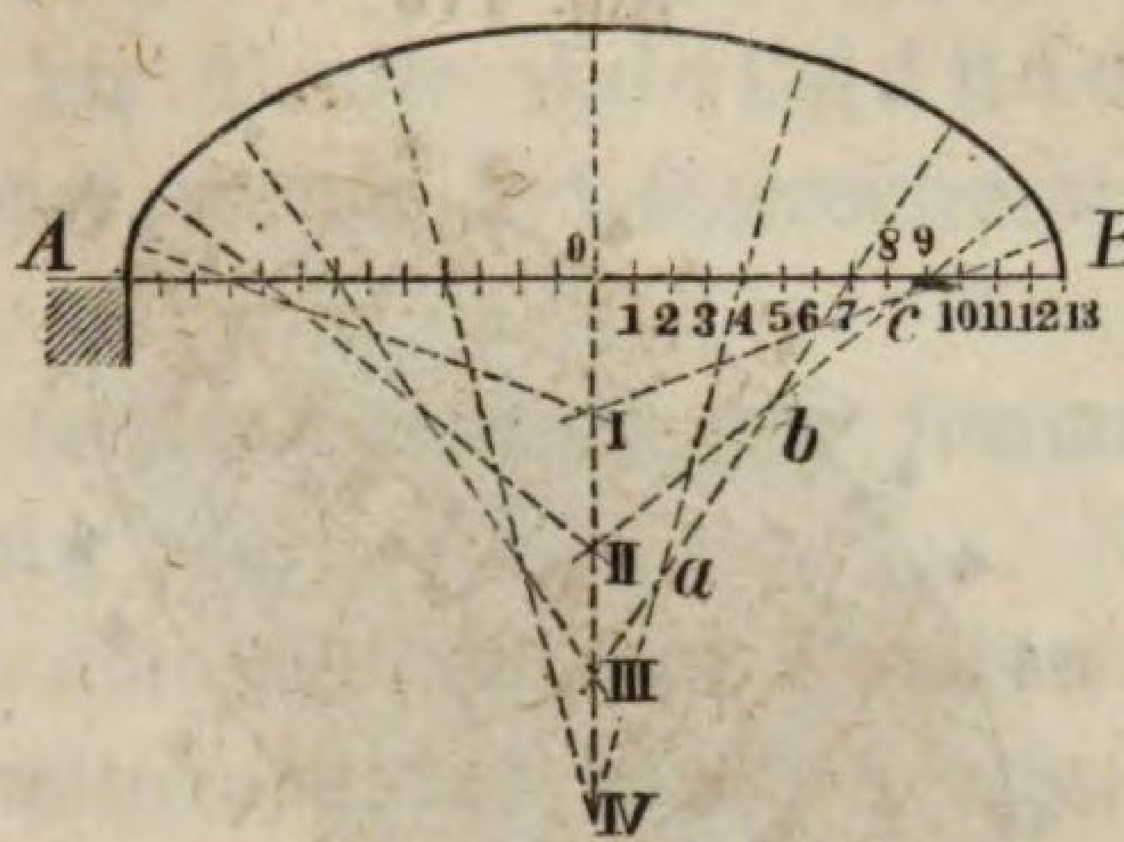
Parallele dg mit ab, und in a eine Senkrechte ag gezogen. Dann beschreibe man aus g mit der Zirkelöffnung ga einen Kreisbogen ai, trage id nach gh, verbinde h mit d, bringe den Winkel gdh an ai, so daß hd in k geschnitten werde, halbire ka in l und errichte hierauf die Senkrechte mm, welche ab in f schneidet. Schließlich wird k mit f verbunden und bis e verlängert, wodurch dann die Bögen ak aus f und kd aus e construirt werden.

Fig. 775. Einen Korbbogen aus neun Mittelpunkten zu zeichnen, wenn die Spannweite ab gegeben ist.

Aufl. Die Gerade AB werde in o halbirt, hierauf eine Senk-

rechte gefällt. Dann theile man $1/2$ AB in dreizehn gleiche Theile und bringe auf die Senkrechte abwärts IV Theile, je vier einzelne kleinere

Fig. 775.



Theile groß, also im Ganzen 16 kleine Theile. Verbinde dann die Punkte I mit 10, II mit 9, III mit 7 und IV mit 4, verlängere die Verbindungslinien und beschreibe schließlich aus den Punkten 10, c, b, a und IV ꝛc. Kreisbögen, so entsteht der gewünschte Korbbogen.

Die Construction der Ellipse.

Eine Ellipse entsteht, wenn ein gerader kreisförmiger Kegel in geneigter Richtung zur Basis, also schräge, durchschnitten wird.

Je nach der Lage der Schneidungsebene wird das Verhältniß der großen Achse zur kleinen ein größeres oder kleineres sein.

Die Ellipse unterscheidet sich von der Ovale und dem Korbbogen darin, daß sie nicht, wie diese, aus einzelnen Kreisbögen, welche aus zu bestimmenden Mittelpunkten zu beschreiben sind, besteht, sondern aus vielen einzelnen Punkten, die in einer fortlaufenden Kurve vereinigt werden, dargestellt wird.

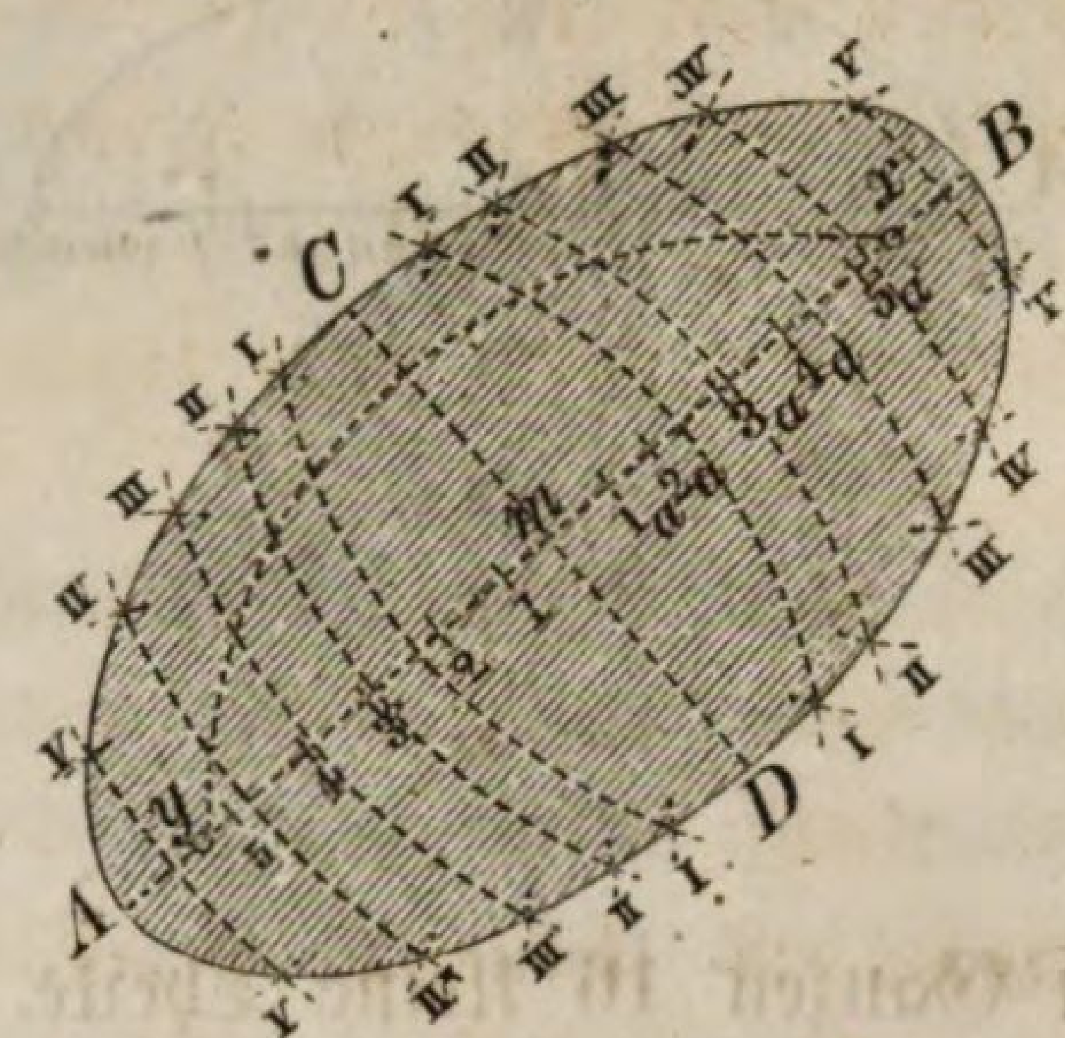
Außerdem hat die Ellipse noch eine besondere Eigenschaft; nimmt man z. B. irgend einen Punkt in ihrer Peripherie an, so ist die Summe der zwei Strahlen, welche nach zwei auf der großen Achse, in gleicher Entfernung von einander liegenden Punkten, führen, stets gleich der Größe der ganzen Achse. Die beiden Punkte auf der großen Achse heißen „Brennpunkte." Hierauf beruht die nachfolgende Construction.

Fig. 776. Construction einer Ellipse, wenn die große Achse AB und die kleine CD gegeben sind.

Aufl. Zuerst müssen die Brennpunkte bestimmt werden; dies

geschieht, indem man mit der halben großen Achse, also mit Am aus dem Endpuncte D der kleinen Achse einen Kreisbogen beschreibt, welcher die große Achse in x und y schneidet, dann sind diese die Brenn-

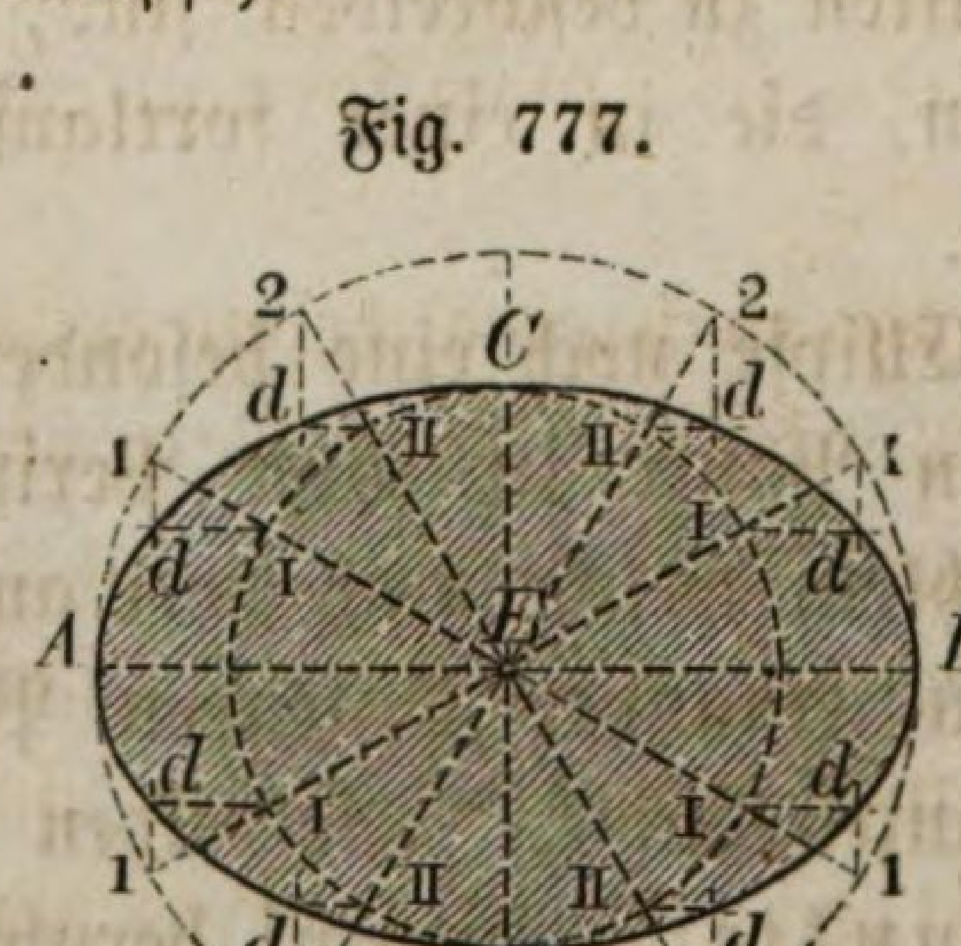
Fig. 776.



punkte. Ferner theile man my und mx in beliebige Theile von verschiedener Größe, z. B. 1 bis 5 und 1a bis 5a; alsdann beschreibe man mit der Zirkelöffnung 1B aus dem Brennpunkte y einen Kreisbogen, und einen andern mit 1A aus x, so daß die Schneidungspunkte I und I Punkte für den Umfang der Ellipse ergeben. In derselben Weise wird man mit den Zirkelöffnungen 2B aus y und 2A aus x, dann mit 3B aus y und 3A aus x ꝛc. fortgefahren, wodurch die Punkte I, II, III, IV und V entstehen, welche mit A, C, B und D vereinigt, die Ellipse darstellen.

Fig. 777. Construction der Ellipse ohne Brennpunkte (nach der sogenannten Gärtner-Ellipse).

Fig. 777.



Aufl. CD sei die kleine Achse und AB die große Achse, welche sich in E schneiden. Man beschreibe mit AE aus E einen Kreis,

ebenso mit CE, ziehe beliebige Anzahl Durchmesser, welche den innern Kreis in I und II zc., und den äußern in 1 und 2 zc. kreuzen, zeichne aus 1 und 2 zc. Parallelen mit CD, und aus I und II zc. Parallelen mit AB in der Weise, daß die Durchschneidungspunkte d entstehen, verbinde alsdann die Punkte AddCddBddDddA mit einander, aus freier Hand oder mittels des Kurvenlineals, so erhält man ebenfalls eine Ellipse.

Außer diesen beiden Constructionen kommt noch die Ellipse nach der Vergatterung vor.

Dieselbe wird am häufigsten im Hochbau angewendet und besonders bei der Ausmittelung der Schild- resp. Diagonal-Bögen von Kreuz- und Klostergewölben.

Da die Vergatterung in der zweiten Hälfte dieser Abtheilung so häufig vorkommt, verweisen wir auf die dortigen Beispiele in Fig. 791, Fig. 792 und 793.

Construction des einhüftigen Bogens.

Der einhüftige Bogen unterscheidet sich von allen übrigen Bogenformen darin, daß die Endpunkte (beim Gewölbe Kämpfer und Widerlager genannt) nicht in einer horizontalen Ebene liegen. Es muß sich demnach die Bogenform der Steigung des Bogens anschließen. Betrachten wir die Figur 777A, so heißt die horizontale Gerade ab,

Fig. 777 A.

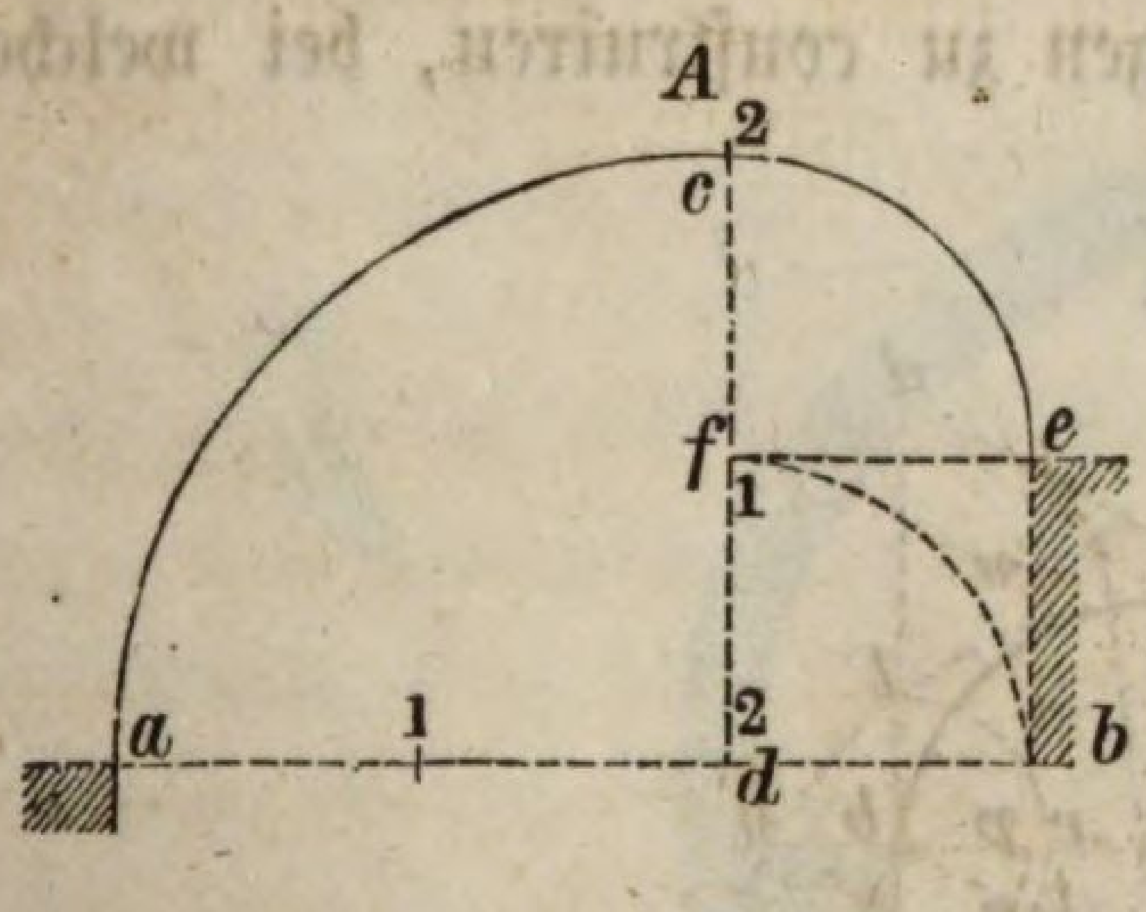
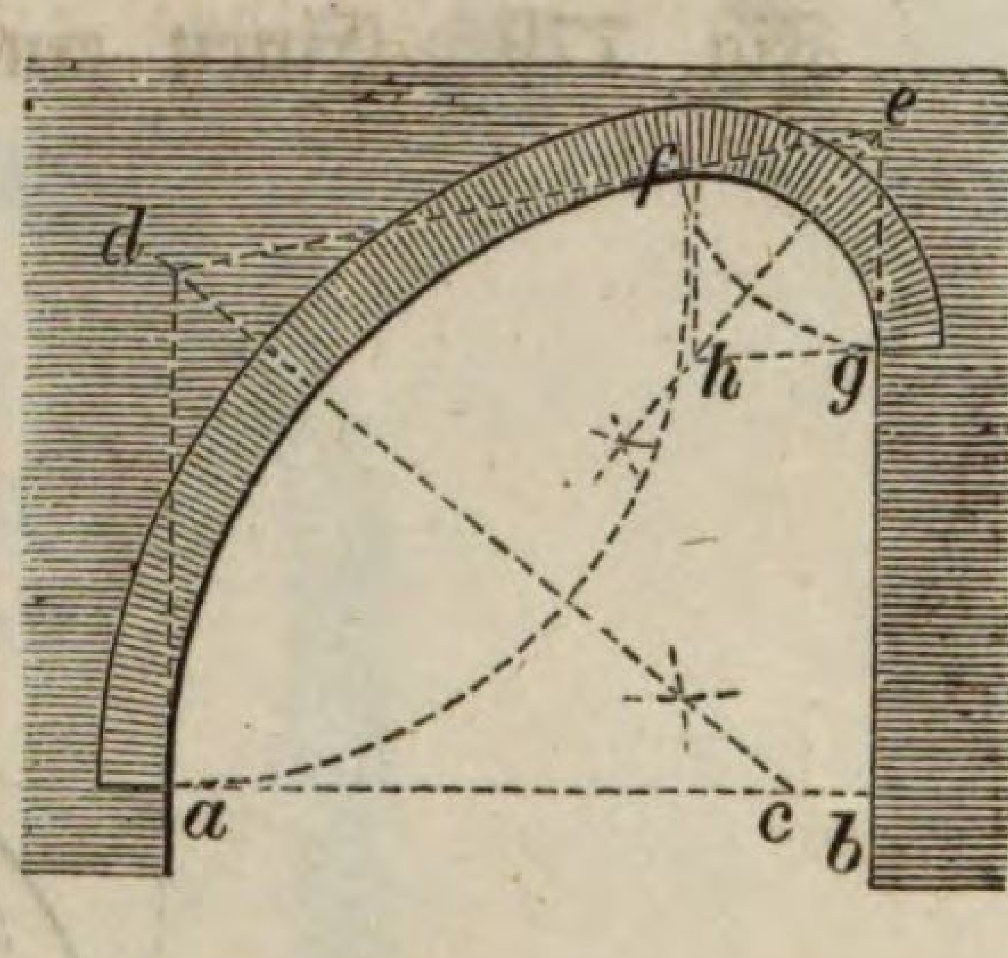


Fig. 778.



die Spannweite, die Senkrechte cd, vom höchsten Punkte des Bogens auf die Gerade ab gezogen, die Pfeilhöhe und die Richtung ac die Steigung des Bogens resp. der Abstand der Hüften.

Der einhüftige Bogen kann auf zweierlei Weise construirt werden:

1. aus zwei, drei und mehr Kreisbögen und
2. aus Ellipsen.

Die letzte Art eignet sich besonders für Unterwölbung der massiven Treppen innerhalb der Gebäude.

Bei der Construction können entweder nur die Spannweite und die Höhe der Hüften oder auch noch die Steigung des zu unterstützenden Bautheiles, z. B. der Treppen, maßgebend sein.

Construction eines einhüftigen Bogens, wenn die Spannweite ab gegeben ist. Fig. 777 A.

Aufl. Man theile die Gerade ab in drei Theile, ziehe die Senkrechte dc im Punkte 2, mache die Senkrechte cd = 2 Theile, fälle auf b eine Senkrechte eb, zeichne die Parallele fe, so ist e die Höhe der Hüfte. Alsdann beschreibe man mit der Zirkelöffnung ad aus d den Viertelkreis ac, und aus f mit fc den Viertelkreis ce, so ist ace der einhüftige Bogen.

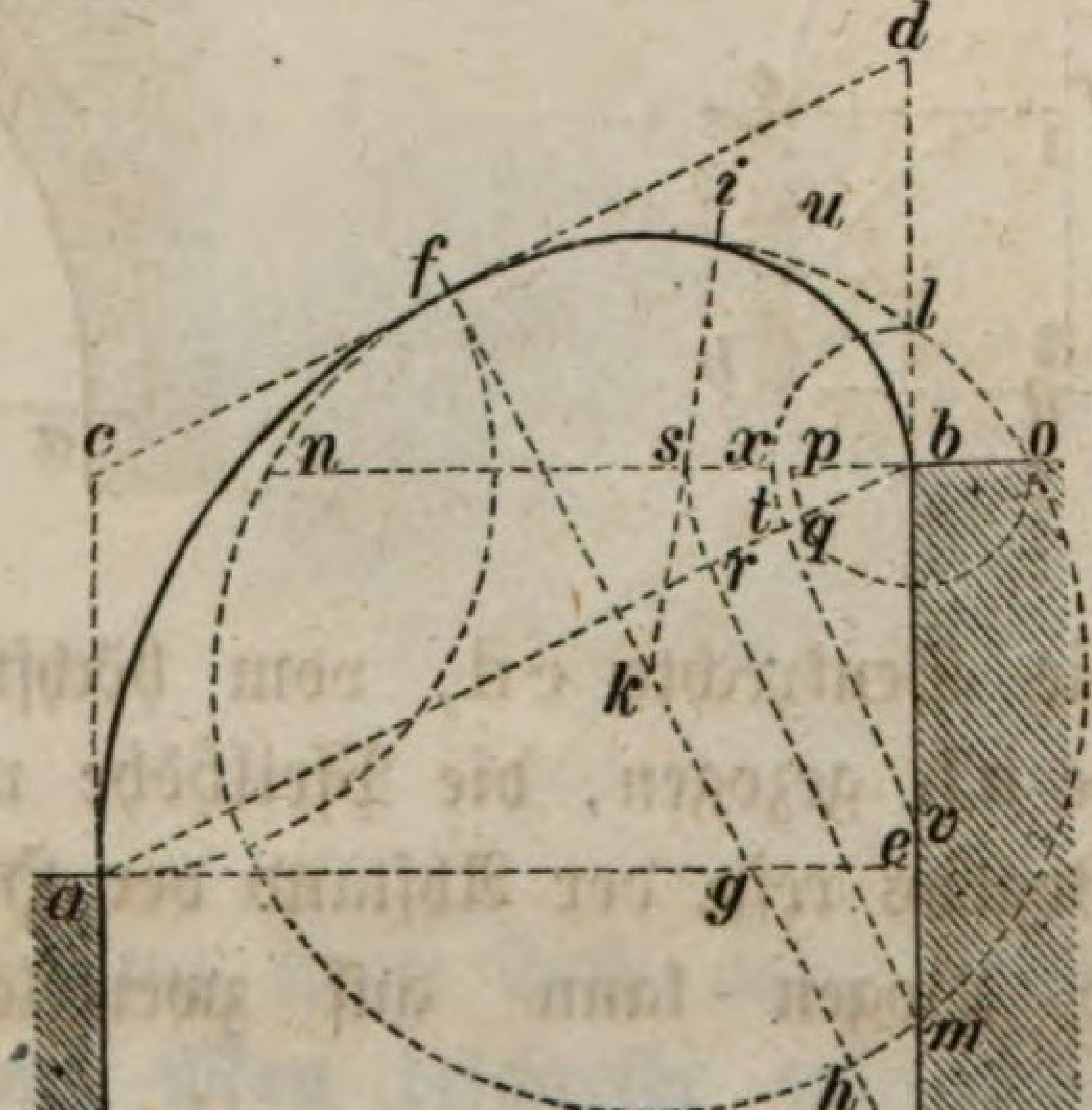
Fig. 778. Einen einhüftigen Bogen zu zeichnen, wenn die Spannweite und die Neigung des zu unterstützenden Gegenstandes gegeben sind.

Aufl. Die Spannweite sei = ab, die Neigung = de.

Man errichte in a ein Loth, ebenso in b, so daß die geneigte Gerade in d und e geschnitten werde, mache df = ab und eg = fe, halbire den Winkel fda so, daß die Halbirungslinie die Gerade ab in c schneidet, ferner ziehe die Parallele hg, halbire den Winkel feg so, daß die Parallele hg in h durchkreuzt werde, dann sind c und h Mittelpunkte der Kreisbögen, welche den einhüftigen Bogen bilden.

Fig. 779. Einen einhüftigen Bogen zu construiren, bei welchem

Fig. 779.



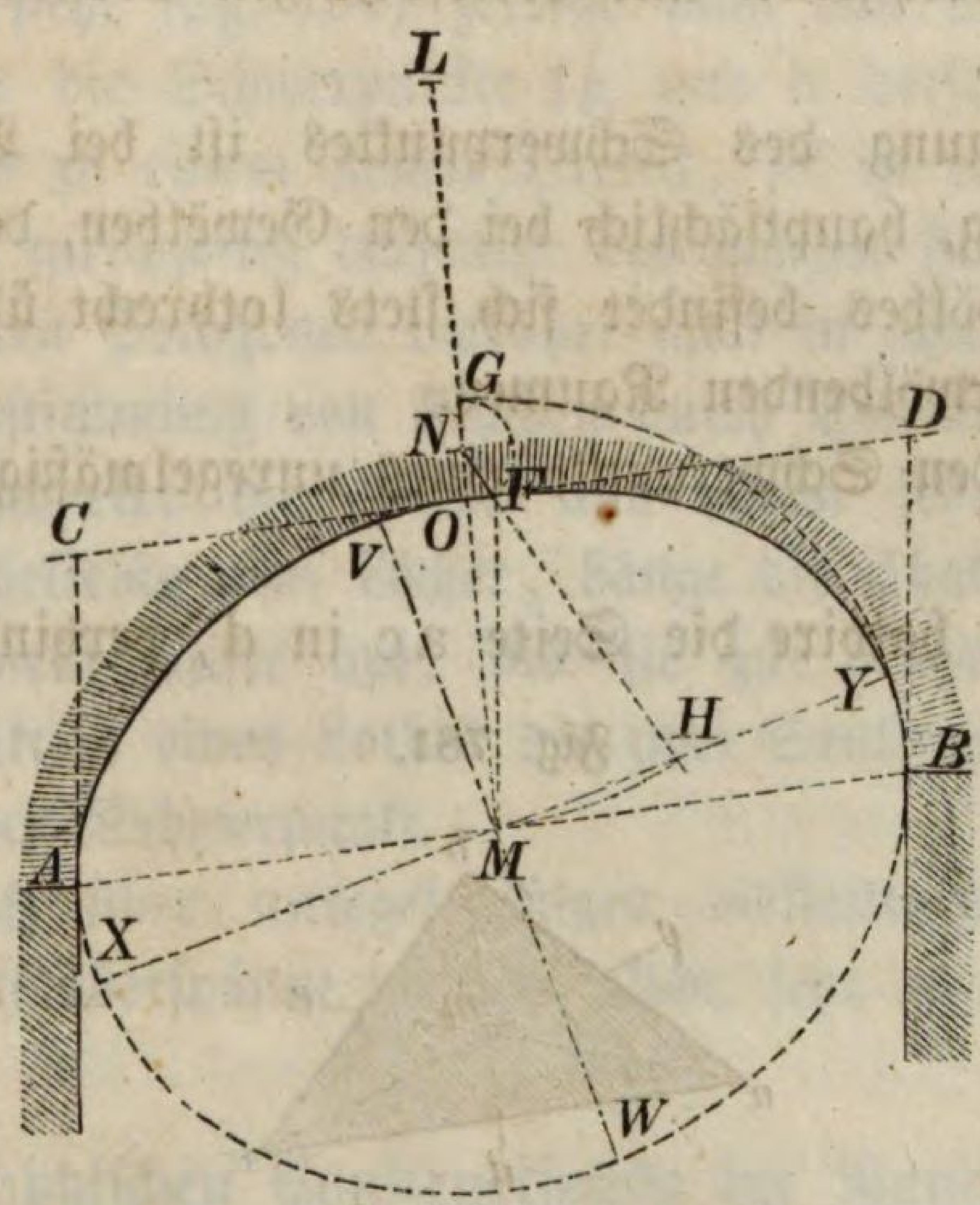
die Spannweite, die Steigung und der Höhenunterschied der Hüften gegeben sind; der Höhenunterschied betrage gleich der Hälfte der Spannweite. Dieser Fall kann sehr häufig bei Treppenconstructionen vorkommen.

Aufl. Der Scheitelpunkt f wird bestimmt, indem man fc = ca macht; dann errichte von f auf die Gerade ab eine Senkrechte, welche ac in g schneidet, nehme den Punkt k beliebig an und beschreibe aus demselben mit fk einen Kreis, welcher die verlängerte eb in l und m, sowie die verlängerte fkg in h schneidet. Mache alsdann bp = bo und tb = bl, ferner trage man den Unterschied der Sehne np und des Durchmessers fh von b nach v, verbinde t mit v und ziehe mr parallel tv. Schließlich wird bs = br gemacht und k mit s verbunden und bis i verlängert, dann sind g, k und s Mittelpunkte der Kreisbögen af, fi und ib, aus welchen sich der einhüftige Bogen zusammengesetzt.

Fig. 780. Einen einhüftigen elliptischen Bogen zu zeichnen, wenn Spannweite, Steigung ꝛc. gegeben sind.

Die Construction dieses Bogens ist sehr zu empfehlen, da sie bei allen Fällen anzuwenden ist.

Fig. 780.



Aufl. Die Gerade AB wird in M halbirt, alsdann in M ein Lothriß FM gemacht, auf AB wird in M eine Senkrechte errichtet,

welche CD in O schneidet, und in $LO = 1/_2 AB = MA$ abgesteckt. Ferner wird LM in N halbirt, dann N mit F verbunden und verlängert; mit der Zirkelöffnung NM wird aus N ein Kreisbogen beschrieben, welcher die verlängerte NF in H durchschneidet. Dann liegt in der Richtung MH die große Achse der zu zeichnenden Ellipse. Um die Länge der halben Achse zu erhalten wird $NG = NF$ gemacht, alsdann ist $GM = MY$ gleich der halben Länge der großen Achse.

Auf diese Achse XY werde eine Senkrechte errichtet und die halbe kleine Achse $VM = MW = FM$ gemacht. Schließlich müssen die Brennpunkte gesucht und die Ellipse in der Weise construirt werden, wie Fig. 776 angiebt.

Vom Schwerpunkte.

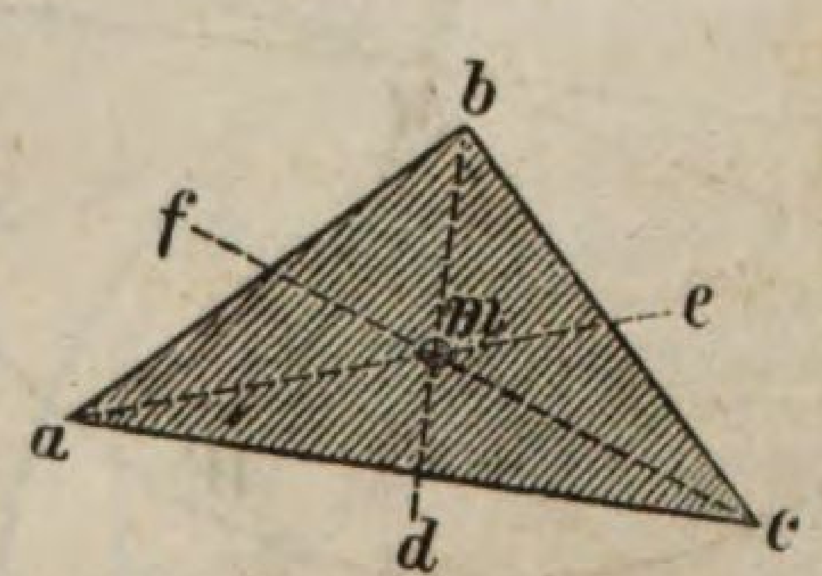
Der Schwerpunkt ist derjenige Punkt in einem Körper oder einer Fläche, in welchem sich die ganze Schwere vereinigt. Denkt man sich z. B. eine Ebene im Schwerpunkte an einem Faden aufgehängt, so wird sie vollständig balanciren, d. h. nach keiner Seite hin sich neigen und stets horizontal bleiben. Die Ermittelung des Schwerpunktes kann graphisch oder mathematisch geschehen; die erste Methode findet meistens bei einfacheren Polygonen statt, während die letzte Art hauptsächlich bei complicirten Polygonen und kreisförmigen Ebenen zur Anwendung gelangt.

Die Bestimmung des Schwerpunktes ist bei Bauconstructionen vielfach nothwendig, hauptsächlich bei den Gewölben, denn der Scheitelpunkt jedes Gewölbes befindet sich stets lothrecht über dem Schwerpunkte des zu überwölbenden Raumes.

Fig. 781. Den Schwerpunkt eines unregelmäßigen Dreiecks abc zu ermitteln.

Aufl. Man halbire die Seite ac in d, verbinde d mit b, hal-

Fig. 781.

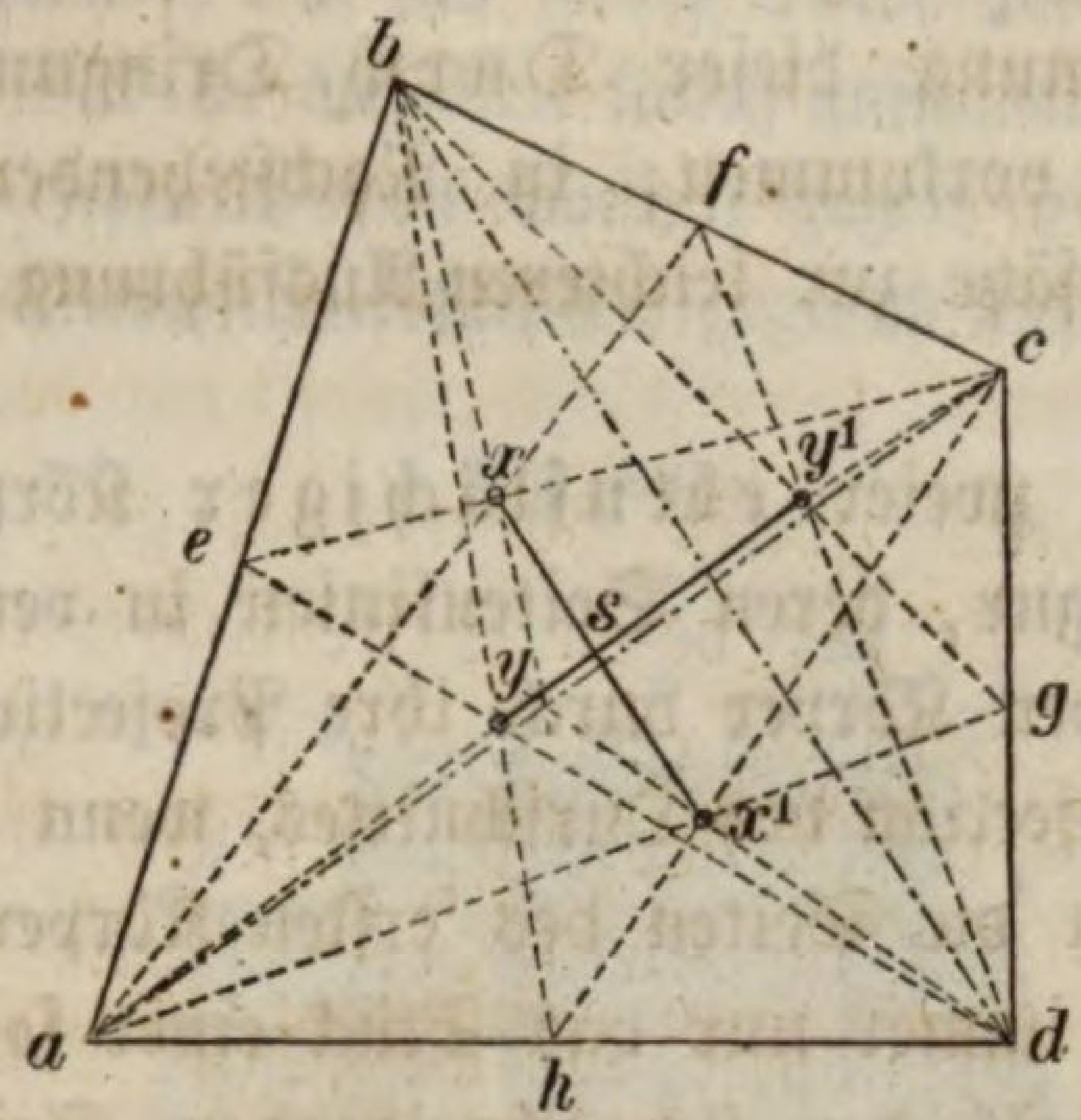


bire ferner die Seite bc in e und verbinde e mit a, dann giebt die Durchschneidung der Geraden ae und bd den Schwerpunkt m.

Fig. 782. Den Schwerpunkt des unregelmäßigen Vierecks a b c d zu construiren.

Aufl. Man zerlege das Viereck in zwei Dreiecke a b c und a d c, suche hierzu die Schwerpunkte x und x′ in eben beschriebener Weise;

Fig 782.



dann suche man zu den Dreiecken b d c und b d a die Schwerpunkte y und y′, verbinde y mit y′ und x mit x′, so ist der Durchschneidungspunkt s der Schwerpunkt des Vierecks a b c d.

Beim Fünfeck (siehe Fig. 794) zerlege man das Polygon a b c d e in 3 Dreiecke, suche die Schwerpunkte f g und h derselben, verbinde diese 3 Schwerpunkte zu einem neuen Dreieck, so ist der Schwerpunkt S des letzteren auch gleichzeitig derjenige des ganzen Fünfecks.

Bei allen anderen Polygonen verfahre man in ähnlicher Weise.

Schwerpunktsbestimmung von Flächen durch Versuche.

Aufl. Man schneide die Fläche aus einem sehr gleichmäßigen Bleche aus, mache beliebig zwei Löcher, hänge die Chablone an diesen Punkten frei an einem Stifte auf, bis sie zur Ruhe gekommen ist. Man ziehe dann mittels eines Lothes die zwei Senkrechten, ihr Durchschnittspunkt giebt den Schwerpunkt.

Diese Lösung ist über unregelmäßigen vielseitigen Grundflächen, welche mit Gewölben überspannt werden sollen, sehr zu empfehlen.

Die graphischen Constructionen im Raume.

Jede ebene Form wird durch die Projection ihrer Grenzen projicirt. Die Projectionen geradlinig begrenzter ebener Formen werden demnach

durch die Verbindung der Projectionen ihrer Endpunkte erhalten. Die Darstellung solcher einfacher Fälle verursacht keine Schwierigkeit, anders verhält es sich aber, wenn ebenflächige Körper mit krummen Flächen, oder diese sich gegenseitig einschneiden oder auch von geraden Ebenen geschnitten werden. Das Schneiden kann alsdann entweder als Eindringen, oder Durchdringen oder Ausschneiden zu erkennen sein.

Bei der Bestimmung dieser Durch-Dringungen können sehr complicirte Probleme vorkommen; in Nachstehendem geben wir die hauptsächlichsten Grundsätze zur leichteren Ausführung derartiger Durchschnitte.

Der Durchschnitt zweier ebenflächiger Körper giebt in den meisten Fällen eine Figur, deren Seitenlinien in verschiedenen Ebenen liegen. Wenn die beiden Körper durch ihre Projectionen gegeben sind, so erhält man die Projection des Durschnittes, wenn man entweder die Geraden, nach welchen die Seiten des ersten Körpers die Seiten des andern schneiden, aber immer nur das Stück einer solchen Geraden beibehält, welches innerhalb der sich schneidenden Seiten beider Körper zugleich liegt, projicirt, oder wenn man die Punkte, in welchen die Seiten des ersten von den Kanten des andern getroffen werden, mit den Punkten, in welchen die Kanten des ersten den Seiten des andern begegnen, in gehöriger Ordnung verbindet.

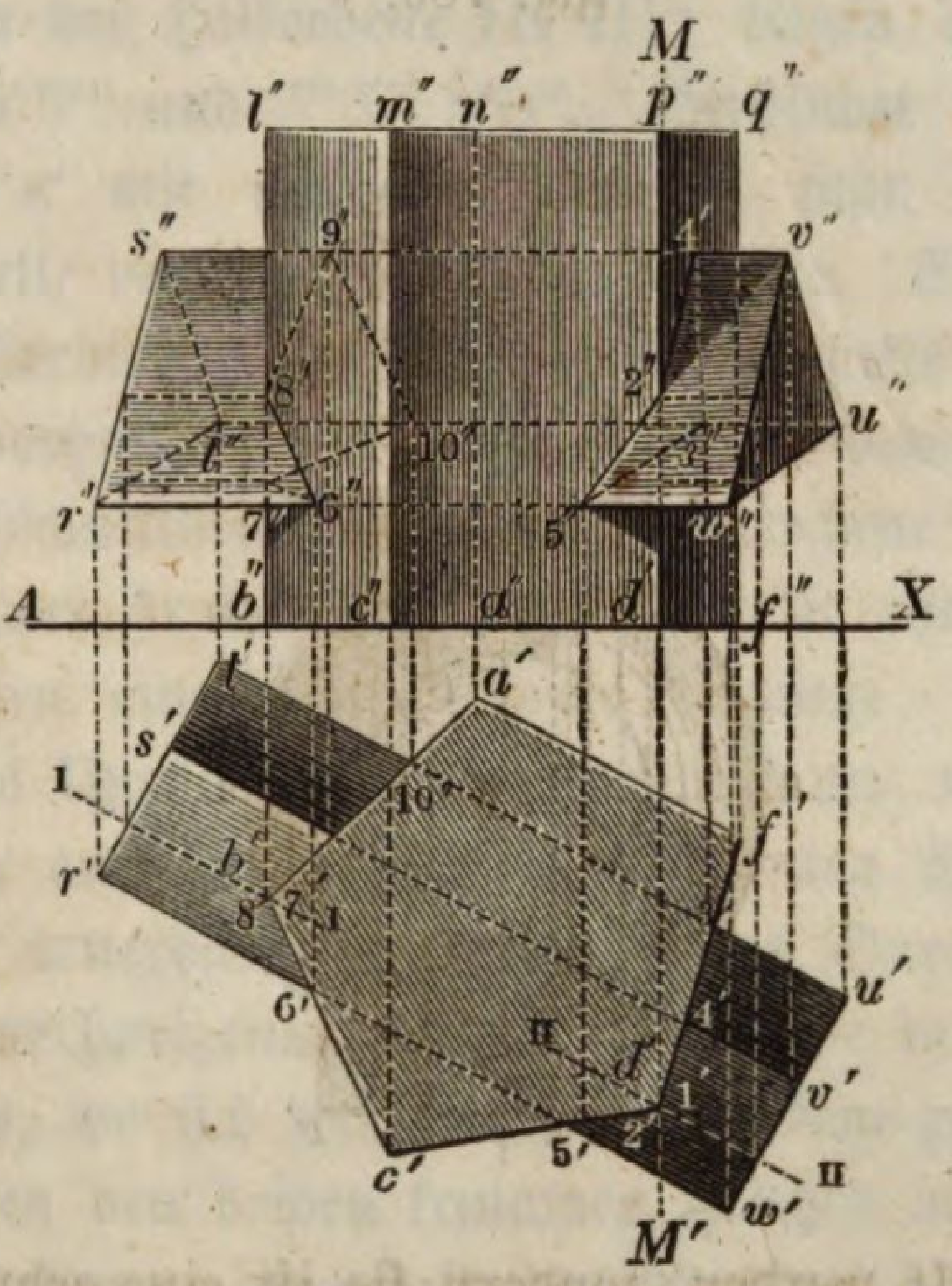
Ein senkrechtes fünfseitiges Prisma werde von einem dreiseitigen in horizontaler Lage durchdrungen (Fig. 784), es sollen die Durchschnittslinien bestimmt werden. Die erste (horizontale) Projection des fünfseitigen Prisma ist mit a′b′c′d′f′, die zweite (verticale) Projection mit a″b″c″d″f″ und n″l″m″p″q″ bezeichnet, so daß b″l″ die ganze Höhe des fünfseitigen Prismas bedeutet. Für das dreiseitige Prisma geben v′w′u′ und s′r′t′ die erste Projection und v″w″u″ und s″r″t″ die zweite Projection; alsdann ist s′v′ die wirkliche Länge des dreiseitigen Prisma. Die entsprechenden, zusammengehörigen Durchschnittspunkte und Linien sind mit gleichartigen Buchstaben resp. Zahlen bezeichnet; AX ist die Drehachse der beiden Projectionstafeln, und I, I und II, II deuten die Richtung der verticalen Hülfsebenen, die durch die Kanten des senkrechten Prisma gelegt werden, an.

Werden krumme Flächen oder Körper von Ebenen durchschnitten, so findet man die Punkte, in welchen eine gerade Linie eine krumme Fläche schneidet, wenn durch die Gerade eine Ebene beliebig gelegt, der Durchschnitt dieser Hülfsebene mit der krummen Fläche ge-

sucht und dann untersucht wird, wo die gerade Linie den Durchschnitt trifft.

Das Aufsuchen solcher Punkte läßt sich immer auf die Aufgabe zurückführen: Den Durchschnitt einer krummen Fläche und einer Ebene zu projiciren. — Eine stetige krumme Fläche wird von einer Ebene in einer stetigen Krummen, die sich jedoch unter gewissen Verhältnissen in eine oder mehrere Gerade auflösen kann, geschnitten. — Oft kann man aus der Lage der schneidenden Ebenen gegen die krumme Fläche die Beschaffenheit der Durchschnittslinien sogleich erkennen, oder mit ihren

Fig. 784.



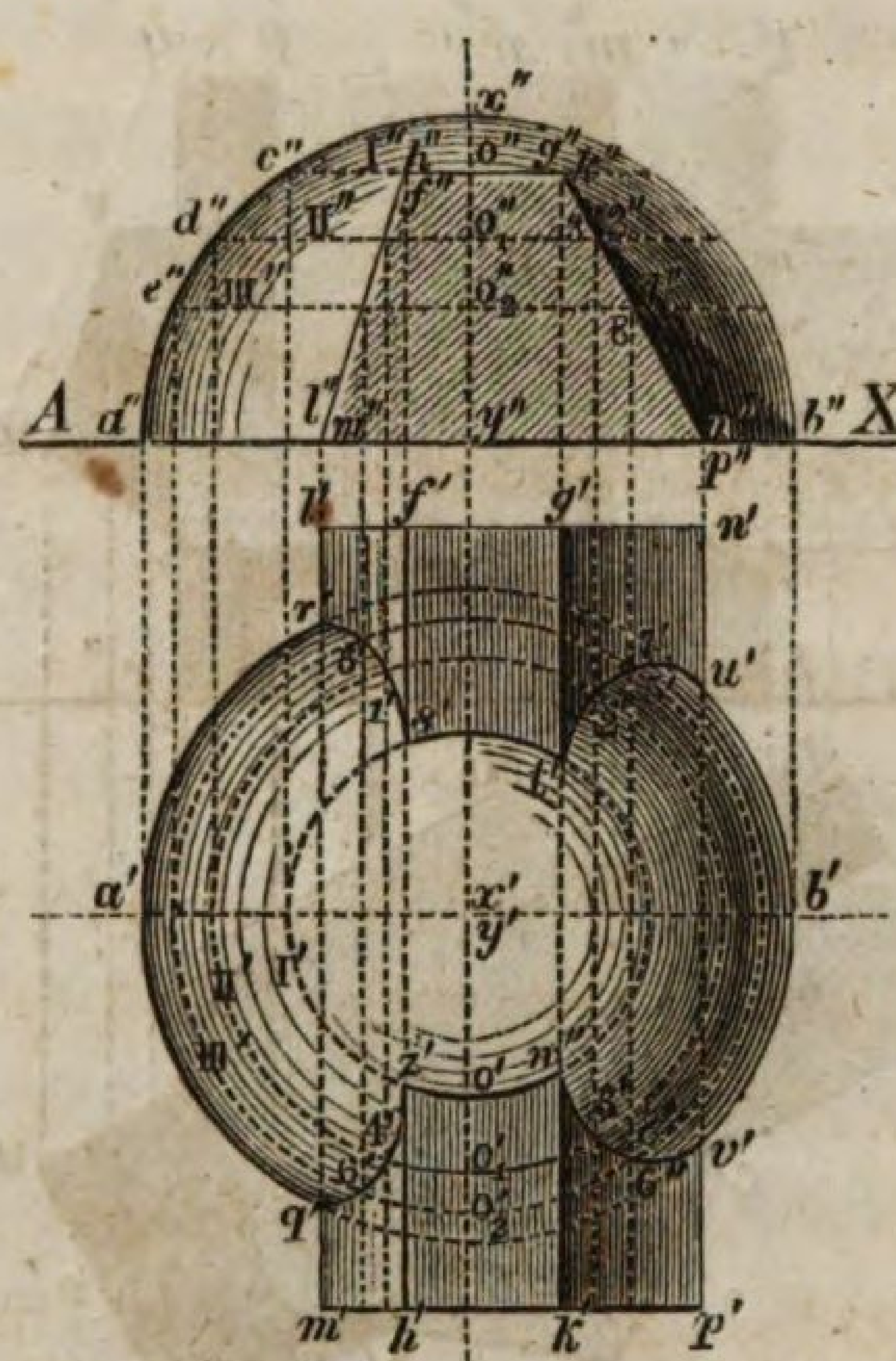
Projectionen die Durchschneidung unmittelbar oder doch mit nur wenigen Hülfsconstructionen entwerfen; derartige Fälle dienen dann zugleich zur Auflösung anderer, bei denen die schneidende Ebene eine weniger günstige Lage hat.

Sind die beiden Projectionen der Durchschnittslinie bestimmt, so kann die Krumme selbst in ihrer wahren Gestalt und Größe erhalten werden, wenn man die Durchschnittsebene in eine der Projections-Ebenen umlegt, die Lagen einer hinreichenden Anzahl von Punkten der Durchschnittscurve in der Projectionsebene sucht und eine continuirliche Linie herstellt. Manchmal läßt sich die Operation in der Projectionsebene

dadurch vereinfachen, daß man der Durchschnittscurve eine Parallelstellung zur horizontalen Projectionsebene giebt.

Wenn krumme Flächen mit ebenflächigen Körpern in Verbindung kommen, dann lassen sich die Durchschnitte derartig finden, daß die Durchschnittslinie, welche die Ebenen zweier Nachbarkanten der geradgebrochenen Fläche auf der krummen Fläche hervorbringt, projectirt wird; von dieser Krummen nimmt man jedoch nur den zwischen den vorerwähnten Kanten enthaltenen Bogen. Nach dieser Methode behandelt man sämmtliche Bruchtheile und erhält dadurch die vollständige Durchschnittsfigur. Letztere darf jedoch nicht mit einer continuirlichen

Fig. 785.



Krummen verwechselt werden, sondern sie ist eine gebrochene Zusammensetzung von einzelnen Bögen, die verschiedenen Krummen angehören.

Die eben erwähnten Grundsätze finden in dem Beispiel Fig. 785 eine theilweise Anwendung. Man soll den Durchschnitt einer Halbkugelfläche mit einem geraden Prisma construiren.

Vorbemerkung: Der Mittelpunkt der Halbkugelfläche liegt in der horizontalen Projectionsebene; das gerade Prisma ist die Hälfte von einem sechsseitigen Prisma, die Achse desselben liegt auch horizontal und normal auf der verticalen Projectionsebene.

Aufl. Die Kanten l'm', l''m'' und n'p', n''p'' liegen in der horizontalen Projectionsebene und schneiden den Aequator in den Punkten r'q' und u'v'. Legt man durch die horizontal liegende Seite die

Hilfsebene I, so erhält man als Durchschnittslinie den Kreis vom Halbmesser x′t′, von diesem nimmt man die Bögen s′t′ und z′w′. Die Seite l′f′h′m′, l″f″h″m″ und g′n′p′k′ g″n″p″k″ schneiden die Kugelfläche in Kreisbögen, die in der horizontalen Projection als Theile der Ellipsen sich projiciren. Die Punkte für diese Ellipsentheile bekommt man, indem man die Hilfsdurchschnittsebenen II und III parallel zur horizontalen Projectionsebene wählt. Die diesen Hilfsebenen entsprechenden Schnitte sind wieder horizontale Parallelkreise und gerade Linien, erstere sind Schnitte der Kugelfläche, letztere solche des Prisma. Der Parallelkreis II′III″ wird von den Geraden 1′4′, 1″4″ und 2′3′, 2″3″ bezüglich in den Punkten 1′1″, 4′4″ und 2′2″, 3′3″ geschnitten. In der Hilfsebene III′III″ liegen dann die Durchschnittspunkte 5′5″, 6′6″ und 7′7″, 8′8″. Verbindet man die Punkte r′5′1′s′ dann q′6′4′z′ mit einander, so hat man die horizontalen Projectionen der Theile von der Durchschnittslinie. Ein gleiches Verfahren wird beim Verbinden der Durchschnittspunkte t′2′7′ ꝛc. beobachtet. Wegen der vorerwähnten Annahme des Prisma ist die verticale Projection der Durchschnittslinie eine gerad-gebrochene Linie.

Schneiden sich zwei krumme Flächen, so ist ihr Durchschnitt in den allermeisten Fällen eine gewundene Krumme, die in sich geschlossen sein oder ins Unendliche sich erstrecken kann; manchmal besteht der Durchschnitt aber auch aus mehreren getrennten Aesten.

Denkt man sich innerhalb der Grenzen des Durchschnittes irgend eine Ebene, z. B. eine horizontale, so wird sie jede der beiden Flächen schneiden, jene Stellen, wo sich dann die in der Ebene gelegenen Schnittlinien kreuzen, gehören den beiden krummen Flächen an. Wendet man daher mehrere Hülfsebenen innerhalb der Grenzen des Durchschnittes der krummen Flächen an, so wird auch eine Reihe von Punkten hervorgehen, wo die beiden Flächen sich treffen werden; durch eine entsprechende Verbindung derselben erhält man alsdann den Durchschnitt beider krummen Flächen.

Es ist leicht einzusehen, daß, um die Bestimmung der Durchschnitte krummer Flächen einer möglichst einfachen Art und Weise zu unterziehen, es hauptsächlich darauf ankommt, solche Hülfsebenen zu wählen, deren Durchschnitte ohne alle Schwierigkeit projicirbar sind. Hat man daher als Hülfsdurchschnittslinien Gerade oder Kreise erhalten, wobei aber letztere eine parallele Lage zu den Projectionsebenen haben müssen, dann wende man in solchen Fällen zu den Hülfsflächen Ebenen in der

oben angegebenen Lage an. Ob aber dieses stets erreicht werden kann, hängt von der Beschaffenheit der krummen Flächen und von ihrer Lage gegen die Projectionsebenen ab. Bevor man die Hülfsebenen wählt, muß man jedoch genau erwägen, wie die einzelnen krummen Flächen entstanden sind, und ob letztere vermöge ihrer Lage gegen die Projectionsebenen durch die vorhin erdachte Lage der Hülfsebenen geradlinige oder kreisförmige Durchschnitte zulassen.

Nachdem wir nun die wesentlichsten Grundsätze, die bei Bestimmung der Durchdringungslinien mehrerer Körper zu beachten sind, vorausgeschickt haben, sollen die mannigfachsten Anwendungen derselben dargestellt werden. Die schwierigsten Probleme kommen besonders bei den Gewölben, Treppen, Dächern und dem sogenannten Steinschnitt vor; der letztere muß in diesem Buche, des knappen Raumes wegen, unberücksichtigt bleiben.*)

A. Graphische Constructionen bei Gewölben, d. h. die Ermittelungen der Durchdringungslinien (der Schild- und Diagonallinien etc.) bei den wichtigsten Gewölbearten.

Alle Gewölbeformen bestehen aus krummen Flächen, die nach bestimmten geometrischen Gesetzen erzeugt werden, oder sie sind aus mehreren derselben zusammengesetzt. Diese Flächen müssen immer von solcher Beschaffenheit sein, daß das Gewölbe praktisch ausführbar ist.

Ferner sollen die einzelnen Begrenzungs- und Erzeugungslinien dieser Flächen von der Art sein, daß dieselben mit leichten Hülfsmitteln aufgezeichnet werden können und auch in der Ausführung wenig Schwierigkeiten hervorrufen, weshalb z. B. Korbbögen den Ellipsen vorzuziehen sind.

Alle Gewölbeformen lassen sich in Beziehung auf die geometrischen Gesetze, nach denen sie erzeugt sind, folgendermaßen eintheilen:

a) Gewölbeformen, die aus Cylindern oder Kegelflächen gebildet sind; diese heißen im Allgemeinen Tonnengewölbe; dann deren Zusammensetzungen und Verbindungen, wie z. B. Kreuzgewölbe, Klostergewölbe, Sterngewölbe ꝛc.

b) Gewölbeformen, durch Rotationsflächen gebildet; diese heißen im Allgemeinen Kugelgewölbe, Kuppelgewölbe, böhmische Gewölbe ꝛc., dann auch deren Verbindungen.

---

*) Siehe Ringleb, der Steinschnitt.

Zu bemerken ist, daß die Drehachse immer durch den Schwerpunkt der Grundfläche des zu überwölbenden Raumes gehen muß; es können aber auch Gewölbeformen vorkommen, die nach Rotationsflächen gebildet sind, deren Drehachse jedoch in den Ecken der Grundfläche liegen, wie z. B. die Fächergewölbe.

c) Verbindungen von Tonnengewölben mit Kuppelgewölben; dann solche Gewölbeformen, welche sich ihrer Entstehung nach entweder gar nicht oder nur zum Theil auf eine der zwei erstgenannten Eintheilungen zurückführen lassen, z. B. windschiefe Flächen, Schraubenflächen &c.

a) Die Cylinder- und Kegelflächen.

Eine Cylinderfläche entsteht, wenn eine gerade Linie, eine Kurve stets berührend, sich fortbewegt und dabei immer parallel mit ihrer ersten Lage bleibt.

Die gerade Linie heißt die Erzeugende, die Kurve hingegen die Leitlinie. Ist die Kurve ein Kreis oder eine Ellipse, und steht deren Ebene senkrecht auf der Erzeugenden, so entsteht ein kreisförmiger oder elliptischer Cylinder, und die durch den Mittelpunkt des Kreises oder der Ellipse gedachte Gerade heißt Achse oder Drehachse des Cylinders.

Man kann sich eine Cylinderfläche auf eine zweite Art entstanden denken, indem sich nämlich eine Kurve an der genannten Achse so fortbewegt, daß sie immer parallel ihrer ersten Lage bleibt.

Bei dieser Erzeugungsart ist die Achse die Leitlinie und die Kurve die Erzeugende.

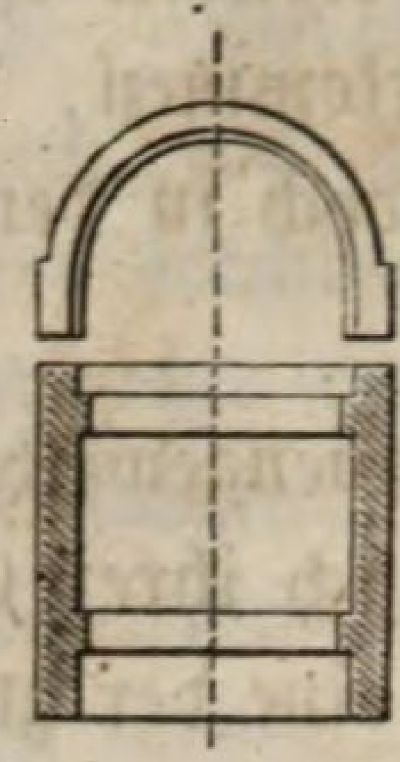
Bewegt sich nun nach diesem Gesetze ein Halbkreis, dessen Verbindungslinie der Endpunkte horizontal ist, an einen durch dessen Mittelpunkt gehenden Geraden fort, so entsteht die Leitungsfläche für das:

Halbkreisförmige Tonnengewölbe (Fig. 787).

Die verschiedenen Benennungen, welche die einzelnen Theile dieses Gewölbes bekommen, werden hier nicht wiederholt, da sie schon in der I. Abtheilung „Mauerconstruction" mitgetheilt wurden.

Das halbkreisförmige Tonnengewölbe geht über in das: Stichbogen- oder Kappengewölbe, wenn dessen Wölbungslinie ein Kreissegment ist (siehe Fig. 105.)

Fig. 787.



Die Pfeilhöhe desselben kann dann $1/_6 — 1/_{12}$ der Spannweite betragen.

Ist die Wölbungslinie eine halbe Ellipse, so heißt das Gewölbe ein: **Elliptisches Tonnengewölbe**, und je nach der horizontalen Lage der großen oder kleinen Achse unterscheidet man, ein **flaches** oder ein **überhöhtes elliptisches** Gewölbe.

Statt der Ellipse wird sehr häufig ein **Korbbogen** als Wölbungslinie für ein Tonnengewölbe vorgezogen (siehe Fig. 101), weil die Bestimmung der Gewölbefugenrichtung bei ersterer unbequemer ist und weil der Korbbogen bei der Unbestimmtheit seiner Form einen sehr großen Spielraum in seiner Gestaltung zuläßt, und daher Gelegenheit giebt, den lichten Raum unter dem Gewölbe je nach Erforderniß zu vergrößern, was bei anderen Kurven, die nach bestimmten geometrischen Gesetzen erzeugt sind, nicht der Fall ist.

Bildet die Wölbungslinie einen sogenannten Spitzbogen, so heißt das Gewölbe ein **spitzbogiges Tonnengewölbe**. Ferner gehören die steigenden Tonnengewölbe noch hierher, und man unterscheidet das **aufsteigende Tonnengewölbe mit horizontalem Gewölbescheitel** (auch einhüftiges genannt) und das **steigende Tonnengewölbe mit steigendem Gewölbescheitel** und Achse (Fig. 788 A bis C). Die Kämpferlinien steigen hier parallel mit der Gewölbeachse; dieses Gewölbe findet auch wohl bei Ueberdeckung und Unterstützung der Treppen, besonders auch in Form von Kappengewölben, Anwendung. Alle bisher betrachteten Gewölbe heißen **gerade Gewölbe**, weil die Horizontalprojection der Stirnen derselben senkrecht zur Gewölbeachse stehen.

Ist dies nicht der Fall, so heißen dieselben **schiefe**, z. B. Fig. 789 zeigt ein:

Fig. 788.

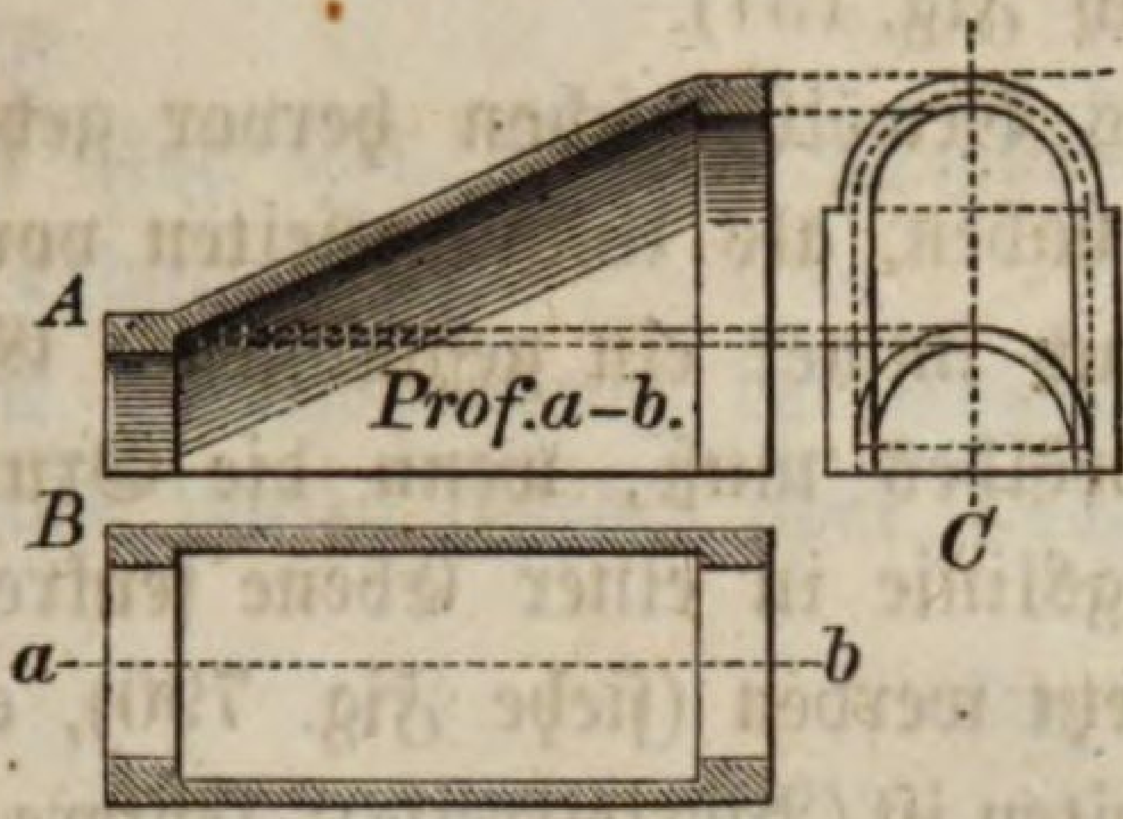
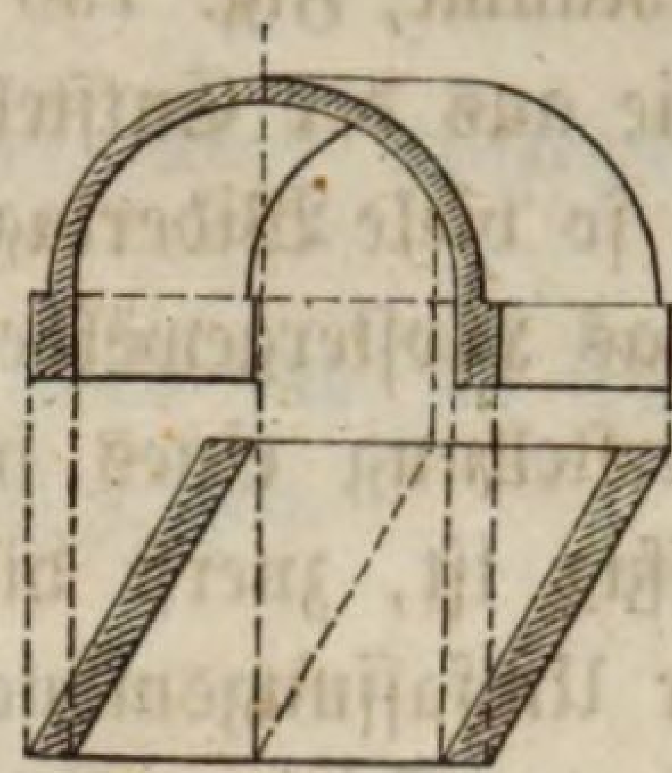


Fig. 789.



Schiefes, halbkreisförmiges Tonnengewölbe.

Es finden diese in neuerer Zeit hauptsächlich bei schiefen Brücken Verwendung; man vermeide sie jedoch, ihrer schwierigen Ausführung wegen, soviel wie möglich, aus welchem Grunde wir sie in unserer Betrachtung unbeachtet lassen und auf „Ringleb, Lehrbuch des Steinschnitts" verweisen.

Die bisher erwähnten Tonnengewölbe sind die wichtigsten mit horizontaler oder geneigter Achse, die im Baufache vorkommen; es wären nun noch diejenigen mit verticaler Achse zu erwähnen. Diese werden z. B. ausgeführt, wenn einem horizontalen oder unter einem Winkel geneigten Drucke (Erd- resp. Wasser-Druck 2c.) widerstanden werden soll; natürlich wird hierbei die Laibung ziemlich konkav sein müssen.

Neuerdings finden derartige Tonnen- resp. Stichbogengewölbe häufig bei versenkten Lichtkasten vor den Kellerfenstern, sowie bei den Isolirschachten vor den Fundamenten (siehe Fig. 42 und 45, I. Abtheilung „Mauerconstruction") Anwendung.

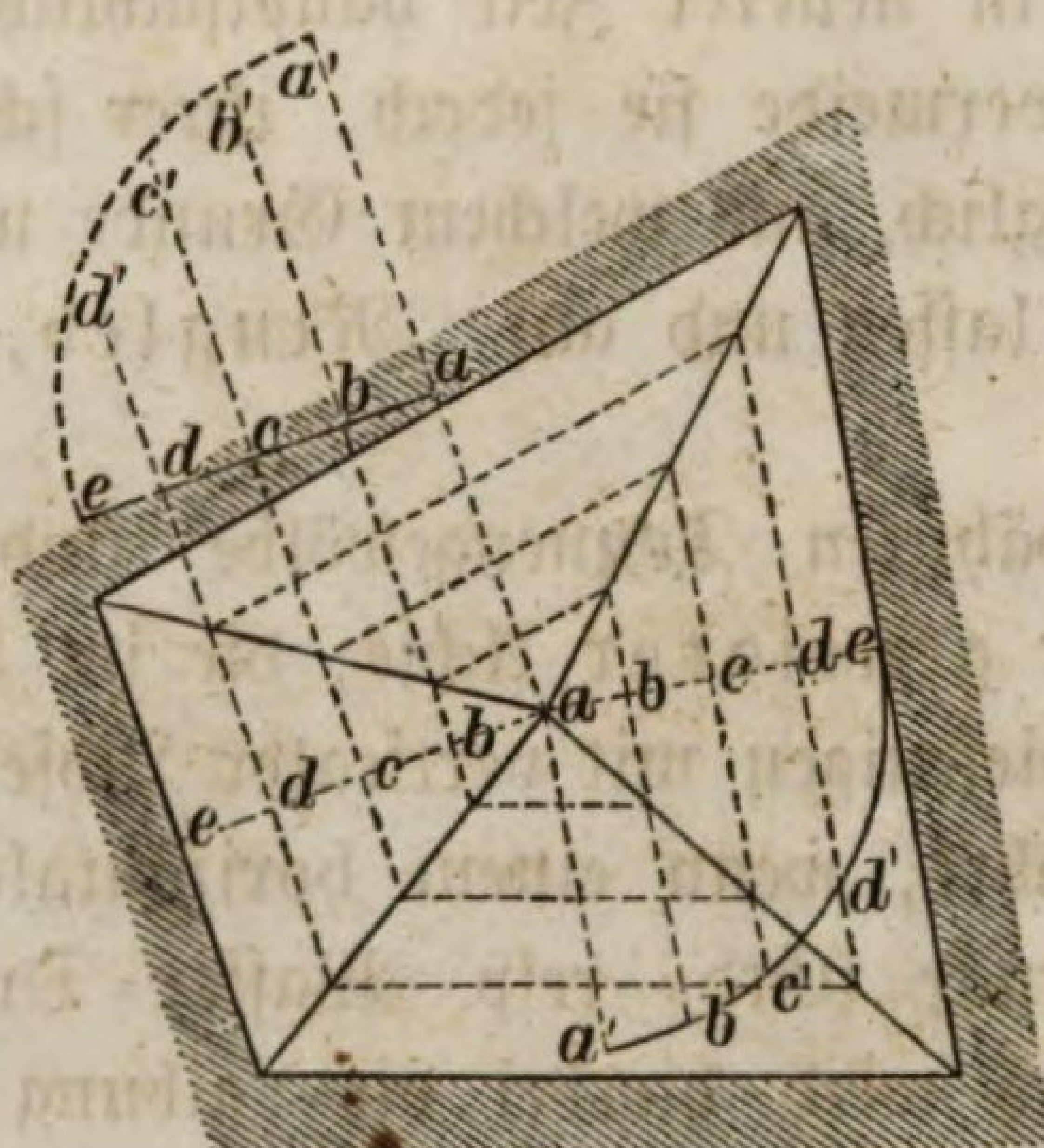
Das Tonnengewölbe kann übergehen in ein Ringgewölbe, wenn dessen Achse übergeht in eine horizontal liegende Kurve, z. B. in eine kreisförmig elliptisch oder schraubenförmig geschlossene Linie. Da diese Gewölbe nicht mehr nach Cylinderflächen gebildet sind, werden sie bei den andern Gewölbeflächen besprochen.

Denkt man sich ein Tonnengewölbe, z. B. ein halbkreisförmiges, über einem quadratischen Raume, so entstehen, wie schon in der I. Abtheilung „Mauerconstruction" erwähnt wurde, wenn zwei verticale diagonal gestellte Ebenen gelegt werden, zwei Wangen und zwei Kappentheile. Aus der Zusammensetzung von Kappentheilen ergeben sich Kreuzgewölbe, und von Wangentheilen die Klostergewölbe.

Betrachten wir zuvor das Klostergewölbe über einem viereckigen Raume, Fig. 790 (siehe auch Fig. 131).

Wie aus der Entstehung dieses Gewölbes schon hervor geht, muß dasselbe so viele Widerlagsmauern haben, als Umfangsseiten vorhanden sind; das Klostergewölbe ist demnach immer ein geschlossenes Gewölbe. Bei Herstellung eines solchen Gewölbes muß, wenn die Grundfläche regelmäßig ist, zuerst die Wölbungslinie in einer Ebene senkrecht auf eine der Umfassungsmauern festgesetzt werden (siehe Fig. 790), aus der dann die der Diagonalbögen abzuleiten ist (Viertelkreise); letztere werden alsdann aus dem Hauptbogen mittels Vergatterung ausgetragen.

Fig. 790.



Wie aus der Form dieses Gewölbes zu ersehen, hat dasselbe nur einen höchsten Punkt, nämlich den Scheitelpunkt; derselbe liegt stets über dem Schwerpunkt des Raumes. Verbindet man im Grundrisse des zu überwölbenden Raumes den Schwerpunkt mit allen Ecken des Polygons, so entstehen die Horizontalprojectionen der Diagonal- oder Gratlinien.

Denkt man sich nun wieder durch den Scheitelpunkt mehrere verticale Ebenen senkrecht auf die Umfassungsmauern des Gewölbes gelegt und zieht man ferner vom Schwerpunkte aus Linien senkrecht auf die einzelnen Polygonseiten, dann ergeben sich die kürzesten Richtungen für die Wölbungslinie, also die Quadranten a a'e, aus welchen wiederum alle übrigen Bögen abgeleitet werden können.

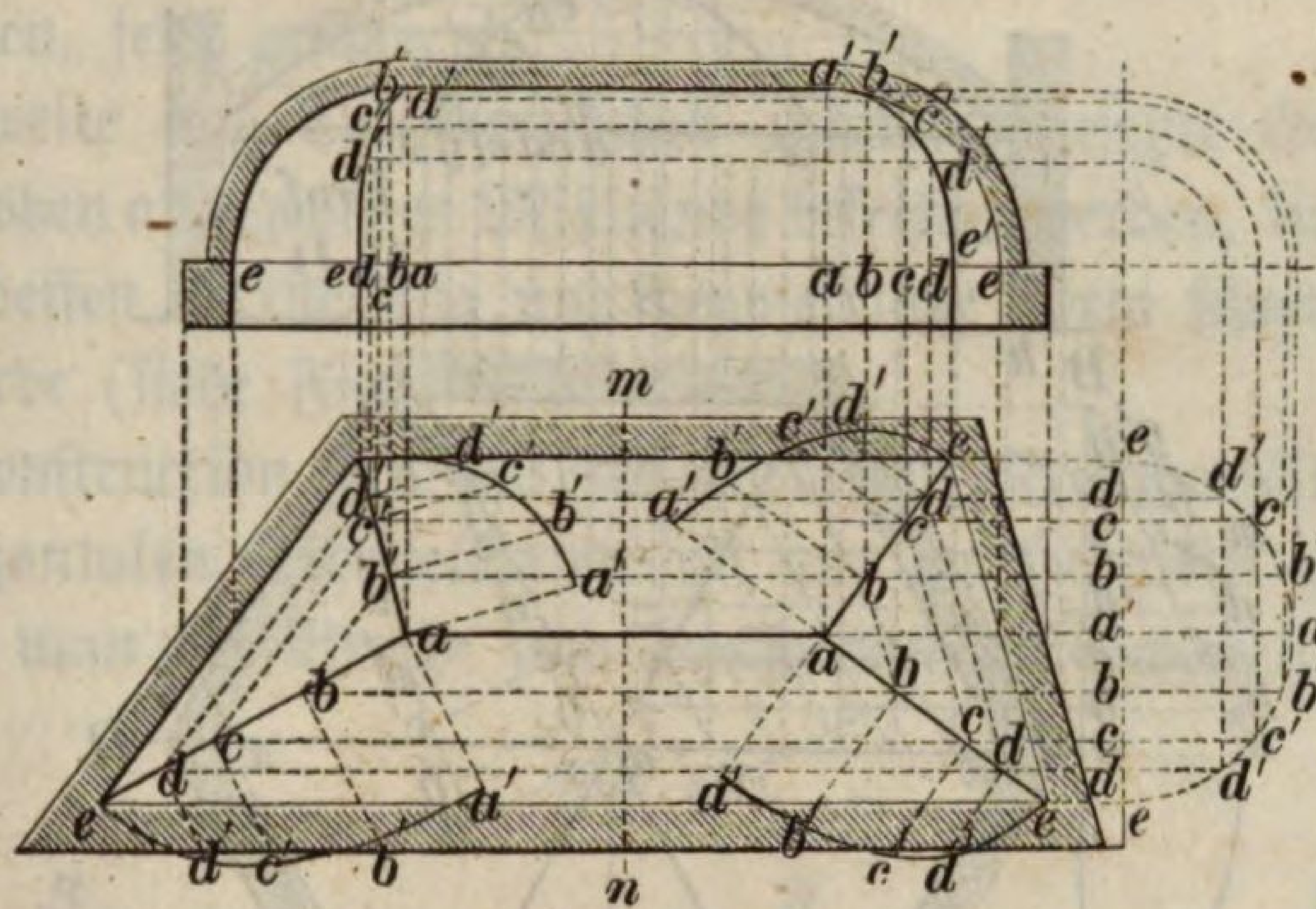
Werden gegen die Stirnen eines Tonnengewölbes Wangenstücke gelegt, so erhält man das Muldengewölbe. Die Wangen können entweder senkrecht oder geneigt zur Achse des Tonnengewölbes

stehen, wodurch rechtwinkliche oder trapezförmige Grundrißformen entstehen.

In Fig. 791 ist ein Muldengewölbe über trapezförmigem Raume dargestellt.

Die Durchdringung der Cylinderflächen wird sich im Grundrisse als gerade Linien (Grat- oder Diagonallinien) zeigen.

Fig. 791.



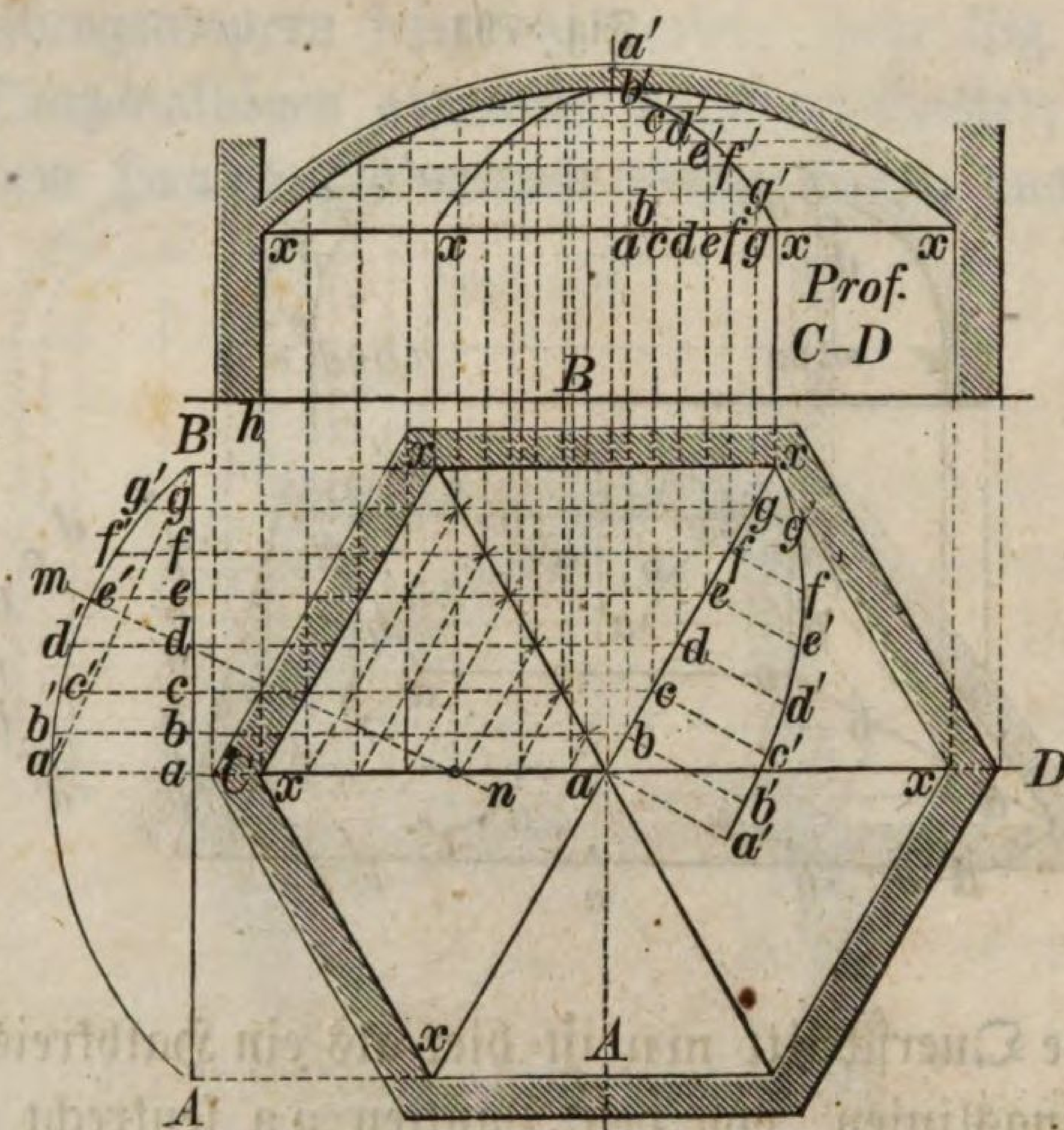
Der gerade Querschnitt mn ist hier als ein Halbkreis angenommen, und die Wölbungslinien, von den Punkten aa senkrecht auf die beiden andern geneigten Seiten des Trapezes gezogen, sollen Viertelkreise desselben Halbkreises sein.

Um daher die Endpunkte a′—a′ der Scheitellinie zu erhalten, ziehe man in gleichen Entfernungen parallele Linien zu den geneigten Seiten des Trapezes, so findet man im Durchschnitt dieser mit der Scheitellinie die gesuchten Punkte a′—a′. Die Linien a—e sind die Horizontalprojectionen der Diagonalbögen, deren wirkliche Längen leicht aus der Vergatterung herzuleiten sind. Um die Vergatterung zu erhalten theile man die halbe Spannweite des Halbkreises in beliebig große Theile, und errichte die Senkrechten dd′, cc′, bb′ und aa′; dann theile man die halben Diagonalen mittels Parallelen in demselben Verhältnisse ein, errichte darauf Senkrechte und mache dieselben entsprechend den Höhen des Halbkreises, verbinde die Punkte a′, b′, c′, d′, e′ zu einer Kurve, so giebt diese die Diagonallinie in wirklicher Größe.

Bis jetzt wurde bei den Gewölben eine der Wölbungslinien, welche

senkrecht auf den Umfassungsmauern steht, als Viertelkreis angenommen; es kann diese Wölbungslinie jedoch ebenso gut die Hälfte eines Segmentsbogens, eines Spitzbogens, einer Ellipse u. s. w. sein, wie z. B. Fig. 792 zeigt, wobei ein Klostergewölbe über einen regelmäßigen sechseckigen Raume gespannt ist.

Fig. 792.



Die Ableitung des Gratbogens geschieht auch hier mittels Vergatterung. Es wird z. B. die Sehne $^1/_2$AB in 7 Theile von a bis h getheilt, hierauf werden die Senkrechten aa', bb' ꝛc. errichtet, dann die Horizontalprojection des Diagonalbogens ax in ebenso viele gleiche Theile getheilt, hierauf ebenfalls Senkrechte gezogen und letztere gleich den Höhen aa' bb' cc' ꝛc. gemacht, so erhält man die halbe in der Richtung der Diagonale xx gelegene Ebene oder den Diagonalbogen in wirklicher Größe. Um nun die Diagonalbögen ax in der Verticalprojection zu erhalten, werden die Punkte a bis x lothrecht projicirt, alsdann von der Horizontalfläche xx in der Verticalprojection die Höhen aa' bb' ꝛc. abgetragen, wie in der Zeichnung zu ersehen ist.

Soll der Segmentbogen festgestellt werden, und sind nur die Punkte A und B und die Pfeilhöhe aa' gegeben, so verlängere man die Senkrechte aa', verbinde a' mit B, nehme dieselbe als Sehne des halben Segmentbogens an, errichte auf a'B ein Loth mn, welches die ver-

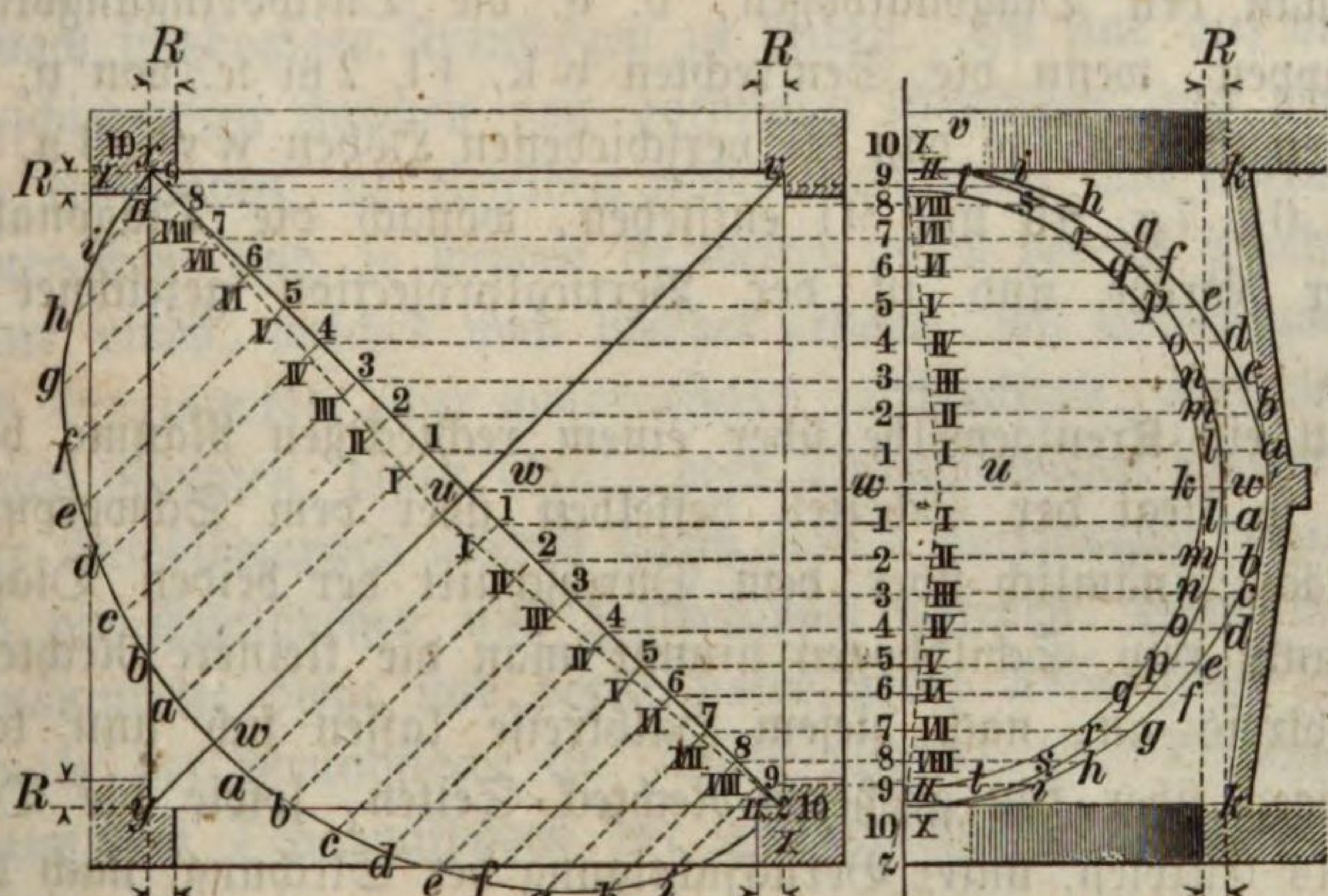
längerte Pfeilhöhe trifft, so ist n der Mittelpunkt des Segmentbogens A a'B.

Das Klostergewölbe findet im Allgemeinen wenig Anwendung, da es nur über quadratischen und regelmäßigen vieleckigen Räumen ein gutes Ansehen gewährt, und außerdem bedingt, daß alle Umfassungsmauern als Widerlager eine bedeutende Stärke haben müssen; gleichfalls wird die Anlage der Fenster- und Thüröffnungen, falls die Kämpferlinien des Gewölbes nicht höher als die Scheitel jener Maueröffnung liegen, sehr erschwert.

Das zweite aus Cylinderflächen zusammengesetzte Gewölbe, durch welches alle oben angegebenen Mißstände beseitigt werden, ist das Kreuzgewölbe, dessen Entstehung und geometrische Form schon mehrfach besprochen wurde (siehe Fig. 107).

Die Construction des halbkreisförmigen Kreuzgewölbes mit vollständig horizontalen Scheitellinien ist nur in Haustein gestattet, hingegen pflegt man bei Bruch- und Backsteinen die Scheitellinien von den

Fig. 793.



Stirnmauern aus etwas ansteigen zu lassen; es durchdringen sich demnach strenge genommen nur ansteigende Kappenstücke, so daß der Scheitelpunkt der höchste Punkt im Gewölbe sein wird. Man nennt diese Ueberhöhung den „Stich" des Gewölbes; derselbe wird wegen des Senkens des Gewölbes nach der Ausschalung erforderlich.

Eine derartige Anordnung ist in Fig. 793 dargestellt. Es ist an-

genommen, daß die Mauern mittels Gurtbögen durchbrochen sind, dann müssen sich die Kappen, mit Berücksichtigung eines Rücksprunges, gegen den Pfeiler legen, oder man läßt den Gurtbogen wenig vorspringen (etwa um das Stück R), wie in diesem Beispiel geschehen ist.

In der Horizontalprojection zeigen sich die Projectionen der Diagonalbögen nur als gerade Linien.

Es sei nun über oz in der Verticalprojection ein Halbkreis gedacht; der Diagonalbogen wird dann nach der Vergatterung bestimmt. Zuerst muß der Stich = aw angenommen werden, verbindet man u mit z, so ergiebt sich die Projection der Steigung der Achse oder des Scheitels einer jeden Kappe. Alsdann theile man $^1/_2$ vz in beliebige, aber gleiche Theile z. B. in 10 Theile, errichte bis zur Peripherie des Halbkreises über vz die Senkrechten wk, 1 l, 2m, 3 n, 4 o, 5 p, 6 q, 7 r, 8 s und 9 t.

Ferner wird auch die Horizontalprojection wz in 10 Theile getheilt und hierauf werden Senkrechte errichtet. Durch diese Lothe entstehen auf der geraden Stichlinie uz die Theilpunkte I bis II. Nun erhält man den Diagonalbogen, d. h. die Durchdringungslinie von zwei Kappen, wenn die Senkrechten wk, 1 l, 2m rc. von u, I, II rc. abgetragen werden, so daß die verschiedenen Höhen ww', 1 a, 2 b, 3 c, 4 d, 5 e, 6 f, 7 g, 8 h und 9 i entstehen, wonach die Diagonallinie in wirklicher Größe und in der Verticalprojection gezeichnet werden kann.

Soll ein Kreuzgewölbe über einem rechteckigen Raume hergestellt werden, so liegt der Scheitel desselben über dem Schwerpunkte der Grundfläche, nämlich über dem Durchschnitt der beiden Diagonalen; zum Wand- resp. Schildbogen nimmt man die kleinere Rechteck-Seite als Halbkreis an, nach diesem Halbkreise lassen sich nun leicht die Schildbögen über den größeren Rechteck-Seiten, sowie die Diagonalbögen als Ellipsen, unter Berücksichtigung der Stechung, nach der Vergatterung ableiten.

Es giebt noch viele Formen von Kreuzgewölben, z. B. über einem rechteckigen Raume, in welchem beide Wand- resp. Schildbogen Halbkreise sind und der Gratbogen mit dem entsprechenden Stich als steigende Ellipse aus dem größten Schildbogen abgeleitet wird; oder in denen der Gratbogen und die Wand- resp. Schildbogen Halbkreise bilden u. s. w. Bei diesen Anordnungen wird jedoch die Scheitellinie nicht mehr gerade, sondern „busenförmig" gestaltet sein müssen, so

daß also derartige Gewölbe nur zum Theil oder gar nicht mehr aus Cylinderflächen bestehen.

Soll über einen unregelmäßigen Raum ein Kreuzgewölbe gespannt werden, so suche man zuerst den Schwerpunkt, verbinde denselben mit den Endpunkten des unregelmäßigen Fünfecks, damit die Horizontalprojectionen der Diagonalbögen entstehen. Ferner lege man die größte Seite für den Halbkreis zu Grunde und trage mittels Vergatterung die übrigen Schildbögen aus, alsdann nehme man eine Stechung (gleich $^1/_{40}$ der Diagonale) an und construire die Diagonalbögen.

Bei den bis jetzt erwähnten Kreuzgewölben wurde immer einer der Schildbögen als Halbkreis angenommen; der Schildbogen kann aber ebenso gut ein Segmentbogen oder Spitzbogen u. s. w. sein; die Ableitung der übrigen Schild- und Diagonalbögen bleibt ganz dieselbe, wie bisher angegeben wurde.

Bei den spitzbogigen Kreuzgewölben werden nun gewöhnlich die Gratbögen durch profilirte Rippen gebildet, deren Ausführung bei elliptischer Form viele Schwierigkeiten verursacht; man suchte daher die elliptischen Diagonalbögen zu vermeiden und alle Schild- und Gratbögen nach spitzbogigen Kreisbögen zu bilden. Es sind auf diese Weise die verschiedensten Formen von gothischen Gewölben aus dem Kreuzgewölbe entstanden, da dieselben jedoch nicht mehr aus Cylinderflächen zusammengesetzt sind, so werden sie weiter unten bei ad c besprochen.

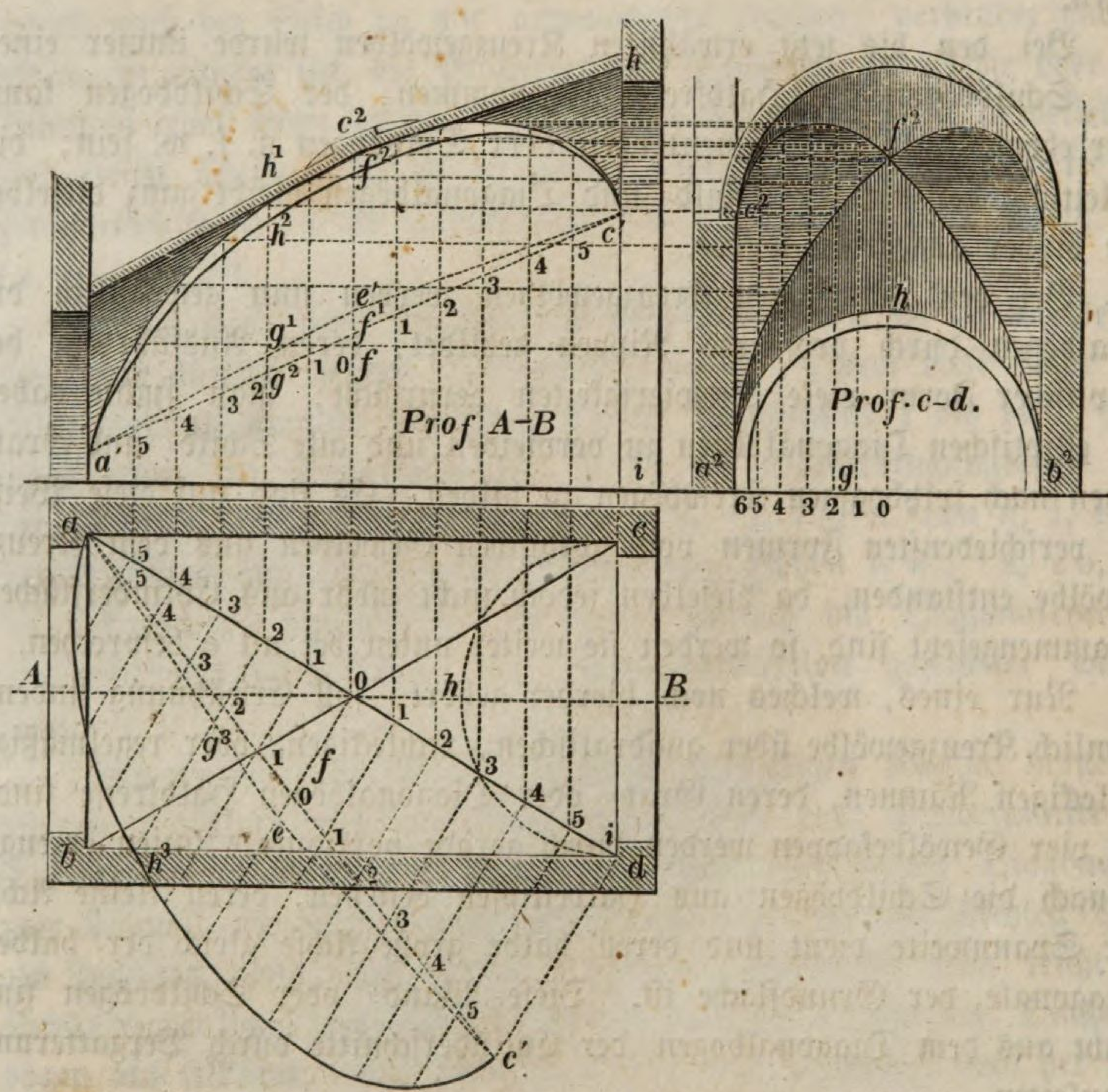
Nur eines, welches noch hierher gehört, soll Erwähnung finden: nämlich Kreuzgewölbe über quadratischen, rechteckigen, oder regelmäßig-vieleckigen Räumen, deren Grat- oder Diagonalbögen Halbkreise sind; die vier Gewölbekappen werden durch gerade horizontale Linien erzeugt, wonach die Schildbögen aus Halbellipsen bestehen, deren kleine Achse zur Spannweite dient und deren halbe große Achse gleich der halben Diagonale der Grundfläche ist. Diese Wand- oder Schildbögen sind leicht aus dem Diagonalbogen der Cylinderschnitte durch Vergatterung abzuleiten.

Denkt man sich ein Kloster- oder Kreuzgewölbe über einem vielseitigen regelmäßigen Raume durch eine durch den Scheitel und die Ecken gehende verticale Ebene geschnitten, so findet eine solche Hälfte des Kloster- oder Kreuzgewölbes oft Anwendung bei Kirchenchören, angebauten Kapellen u. s. w., aus welchem Grunde ein derartiges Gewölbe auch Chorgewölbe genannt wird. (Siehe auch Fig. 616 A).

Bisher nahmen wir an, daß die Achse und Widerlager resp. Kämpferpunkte der Cylinderflächen horizontal liegen, es können aber auch Fälle vorkommen, wo erstere sich in geneigten Lagen, entweder rechtwinklich oder geneigt, durchkreuzen.

Der häufigste Fall kommt bei den Unterwölbungen der Treppen mittels Kreuzgewölben vor; die Fig. 795 zeigt ein steigendes Kreuzgewölbe über einem rechteckigen Raum.

Fig. 795.



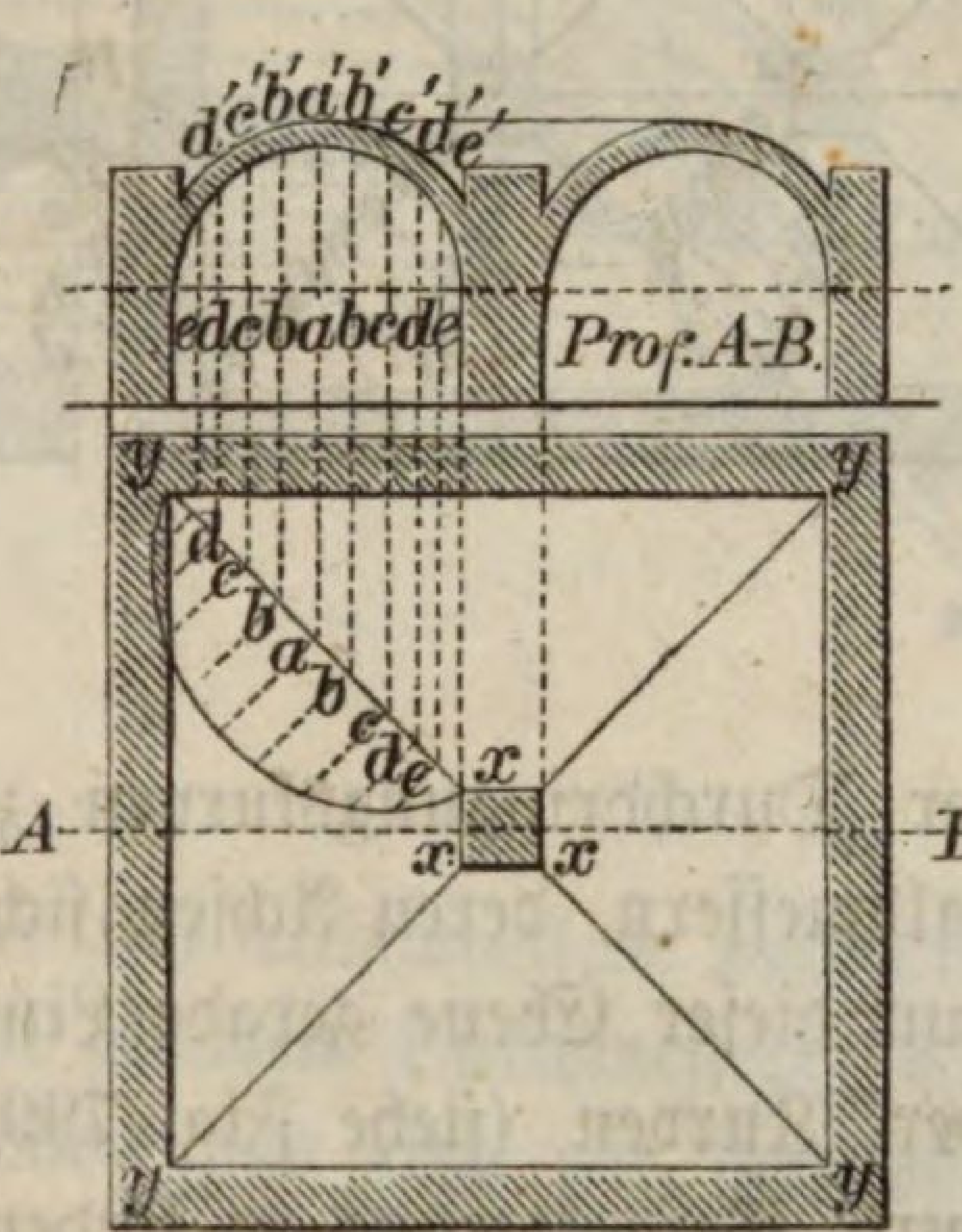
Der Wandbogen über der kleineren Seite ab sei ein Halbkreis, das Gewölbe erhalte einen Stich ef und ic′ sei die gegebene wirkliche Steigung.

Es ist leicht einzusehen, daß der Schildbogen über der größeren Seite ac ein steigender Bogen, welcher aus dem Halbkreise chd durch

Vergatterung abzuleiten ist, werden muß. Bezüglich der Herstellung der Verticalprojection des Gratbogens und der wahren Größe des letzteren gilt das Verfahren von Fig. 793, man trage ef nach e'f' und mache g'h' = g^2h^2 u. s. w. Die wahre Größe des Diagonalbogens ist in die horizontale Ebene umgelegt und wird erhalten, indem man gh = g^3h^3 u. s. w. absteckt.

Auch hier beim steigenden Kreuzgewölbe kann der Schildbogen über der kleineren Seite als Segmentbogen, oder als irgend eine andere Kurve angenommen werden, wobei wieder das Verfahren zur Herstellung des andern Schildbogens, wie auch des Diagonalbogens, vermittels der Vergatterung ganz dasselbe bleibt.

Fig. 796.



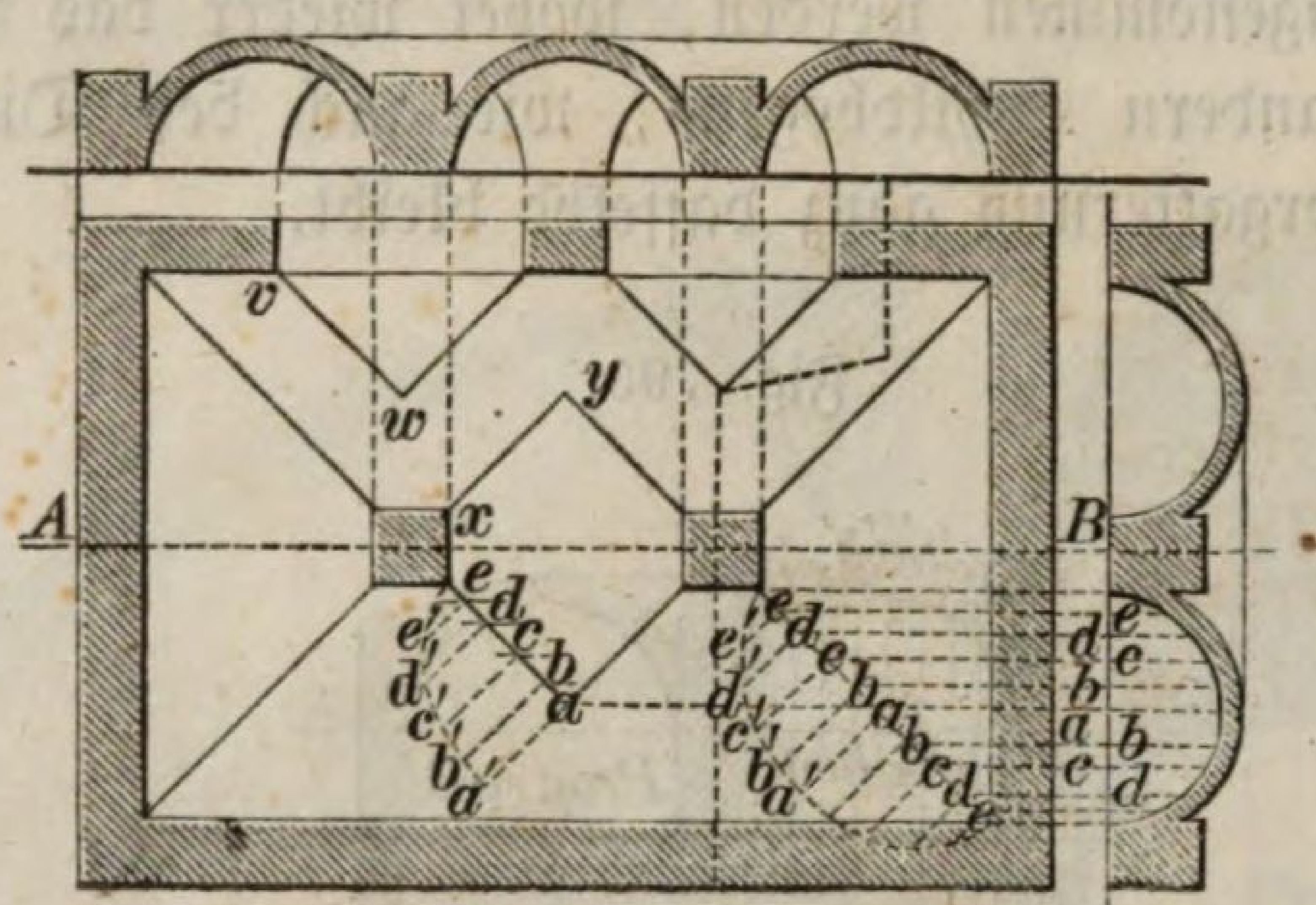
Soll das steigende Kreuzgewölbe ganz offen sein, so würden die Schildbögen gleichzeitig Gurtbögen bilden.

Das gewöhnliche Kreuzgewölbe über quadratischem oder rechteckigem Raume geht über in ein ringförmiges Kreuzgewölbe, wenn die Längenachse desselben in eine horizontale Kurve, z. B. in einen Kreis übergeht; hingegen verwandelt es sich in ein schraubenförmiges Kreuzgewölbe, wenn die Achse die Form einer Schraubenlinie annimmt. Diese beiden Gewölbe werden weiter unten ad c betrachtet.

Das Tonnengewölbe kommt außer in den oben angegebenen Verbindungen und Zusammensetzungen noch in vielen anderen vor. Es sollen hier noch einige Beispiele, besonders die gegenseitige Durchdringung mehrerer Tonnengewölbe gezeigt werden.

In Fig. 796 und 797 A und B sind die Durchdringungen halbkreisförmiger Tonnengewölbe, mit gleichen Halbmessern, deren Achsen alle in einer horizontalen Ebene liegen, gegeben. Die einzelnen Durchdringungslinien x y und v w werden in ihren Horizontalprojectionen gerade Linien sein, weil aus der darstellenden Geometrie bekannt ist,

Fig. 797 A und B.



daß die Projectionen der Durchdringungskurven zweier kreisförmiger Cylinder, mit gleichen Halbmessern, deren Achsen sich schneiden, demnach in einer Ebene liegen, auf dieser Ebene gerade Linien sein werden, in allen andern Fällen aber Kurven (siehe Fig. 799). Die Diagonallinien selbst sind leicht durch Vergatterung zu finden; es sind dieselben in die horizontalen Projectionen der Figuren umgelegt.

Das eben angegebene Gesetz bezüglich der Durchdringungskurve zweier kreisförmiger Cylinderflächen mit gleichen Halbmessern gilt ebenfalls, wenn sich die Achsen in horizontaler Lage unter irgend einem Winkel durchschneiden.

Fig. 798 zeigt nun zwei sich nicht rechtwinklich, aber in horizontaler Lage durchdringende halbkreisförmige Tonnengewölbe mit gleichen Halbmessern. Der höchste Punkt der beiden Durchdringungslinien wird offenbar über dem Durchschnittspunkte x der beiden Scheitellinien der Tonnengewölbe sein; x y und x z sind dann die horizontalen Projectionen der Durchdringungskurven, deren wahre Größe, wie auch Verticalprojectionen nun leicht durch Vergatterung aus dem Halbkreise m n o abzuleiten sind.

Man denke sich nämlich, um diesen Halbkreis zu erhalten, beide Cylinderflächen durch verticale Hülfsebenen senkrecht zur Cylinderachse geschnitten.

Fig. 798.

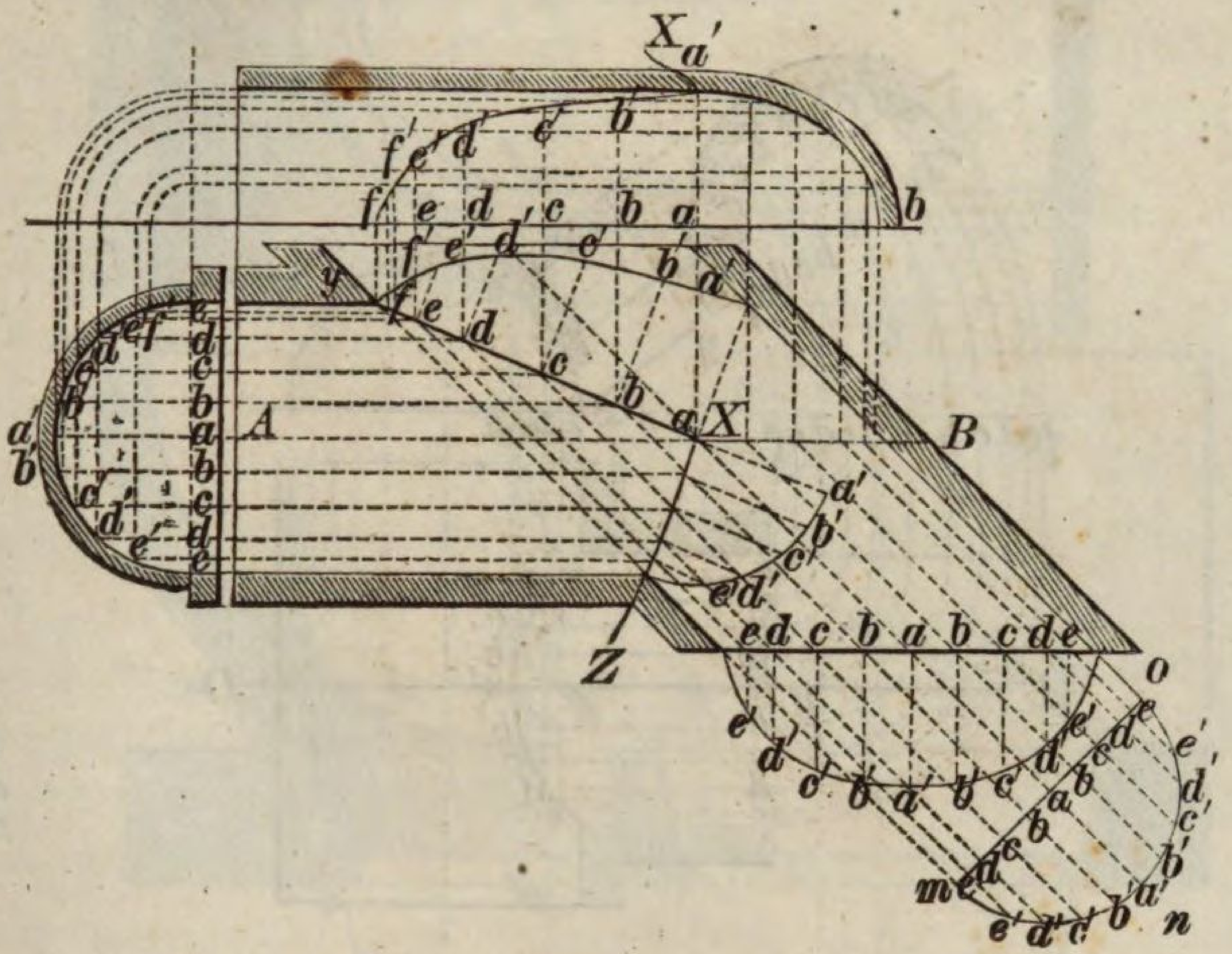


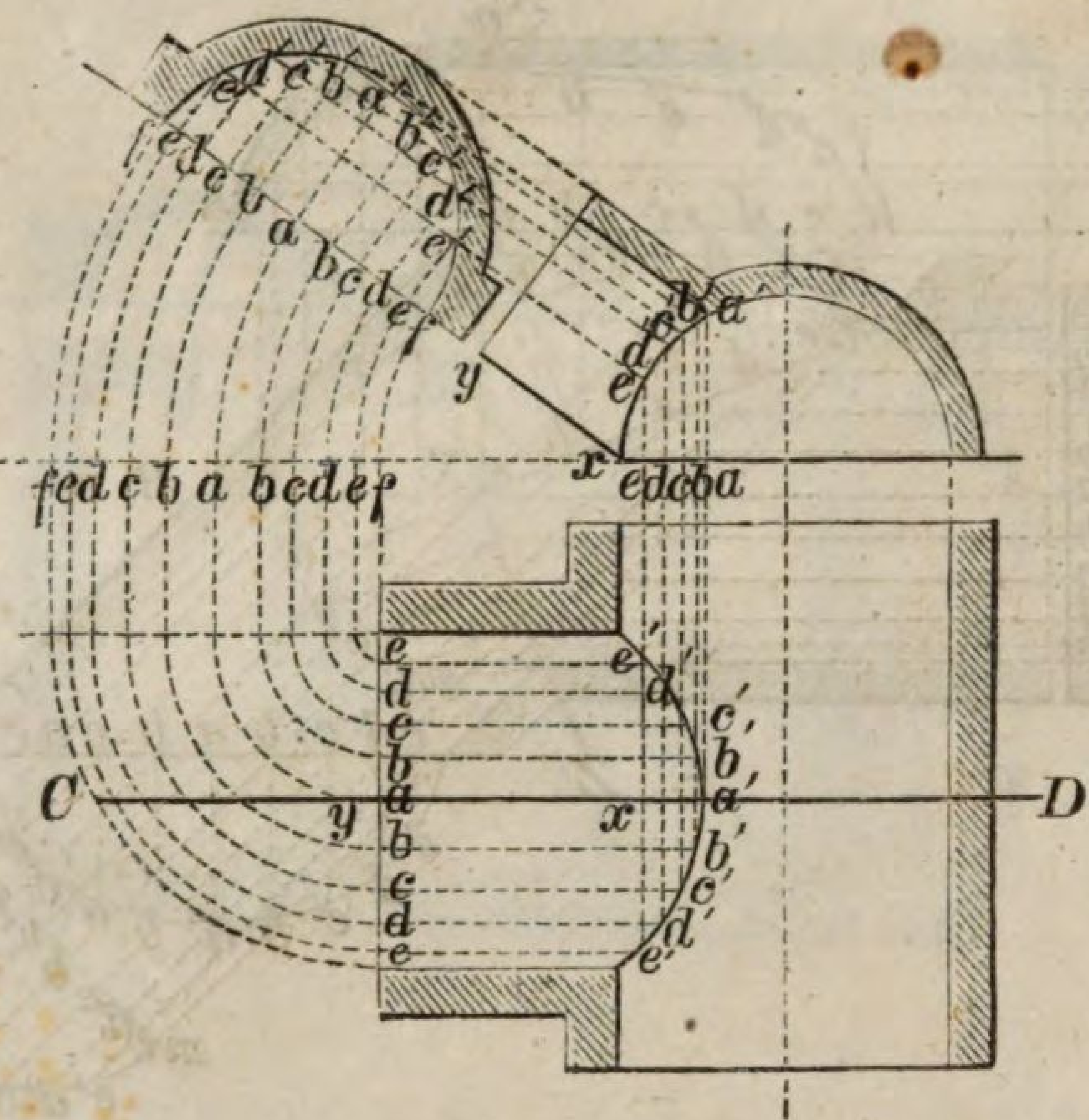
Fig. 799 zeigt zwei sich rechtwinklich durchdringende halbkreisförmige Tonnengewölbe mit gleichen Durchmessern, deren Achsen sich jedoch nicht schneiden, und wovon das eine ein steigendes Gewölbe mit steigender Achse ist.

Die horizontale Projection der Durchdringungskurve wird dargestellt, wenn man sich wieder beide Cylinderflächen durch verticale Ebenen parallel zur Achse CD geschnitten denkt, von denen der horizontale Cylinder nach dem Halbkreise, der steigende Cylinder nach zur Achse xy parallelen Geraden geschnitten würde, deren gemeinschaftliche Durchschnittspunkte in je einer Hülfsebene Punkte für die Kurven sind.

Nach den bisher gegebenen Beispielen von Durchdringungen der Tonnengewölbe lassen sich nun leicht alle übrigen möglichen Fälle ausarbeiten, z. B. wenn die Tonnengewölbe verschiedene Halbmesser haben, dann sich schneidende oder nicht schneidende, rechtwinklich oder unter irgend einem andern Winkel sich kreuzende, horizontale oder steigende Achsen haben; die Wölbungslinien können auch Segmentbögen, Ellipsen, Spitzbögen u. s. w. sein. In allen Fällen wende man, um die Durch-

dringungskurven zu erhalten, verticale oder horizontale Hülfsebenen an, oder ganz allgemein: wenn sich zwei ganz beliebige Tonnengewölbe durchdringen, nehme man Ebenen zu Hülfe, welche beide Cylinderflächen nach geraden Linien schneiden.

Fig. 799.



Um die Richtung dieser Hülfsebenen zu finden, nehme man an beliebiger Stelle einen Punkt an, lege durch diesen zwei Gerade, welche parallel zur Erzeugenden der beiden Cylinder fallen, und lege durch diese zwei Gerade eine Ebene; parallel mit Letzterer müssen diese Hülfsebenen gehen, um der genannten Anforderung zu entsprechen.

Wird die Laibung eines Gewölbes durch eine Kegelfläche, oder einen Theil einer solchen gebildet, so entsteht das Kegelgewölbe oder konische Gewölbe, und es giebt hier, ebenso wie bei Cylindergewölben, halbkreisförmige, elliptische u. s. w. Derartige Anordnungen können bei Fenster- und Thüröffnungen mit schrägen innern Laibungen vorkommen, wie das nachstehende Beispiel Fig. 800 veranschaulicht.

Es sei die innere cylindrische Gewölbefläche senkrecht auf der verticalen Projectionsebene, ihre Achse Q′Q″ liege in der horizontalen Projectionsebene und stehe daher auf AX normal.

Die innere konische Gewölbefläche hat ihre Spitze in der horizontalen Projectionsebene. Der Halbmesser der Cylindergrundfläche sei O″b und jener des Kegelparallelkreises sei d″u. Um die Durchschnittslinie der konischen und der cylindrischen Gewölbefläche zu erhalten,

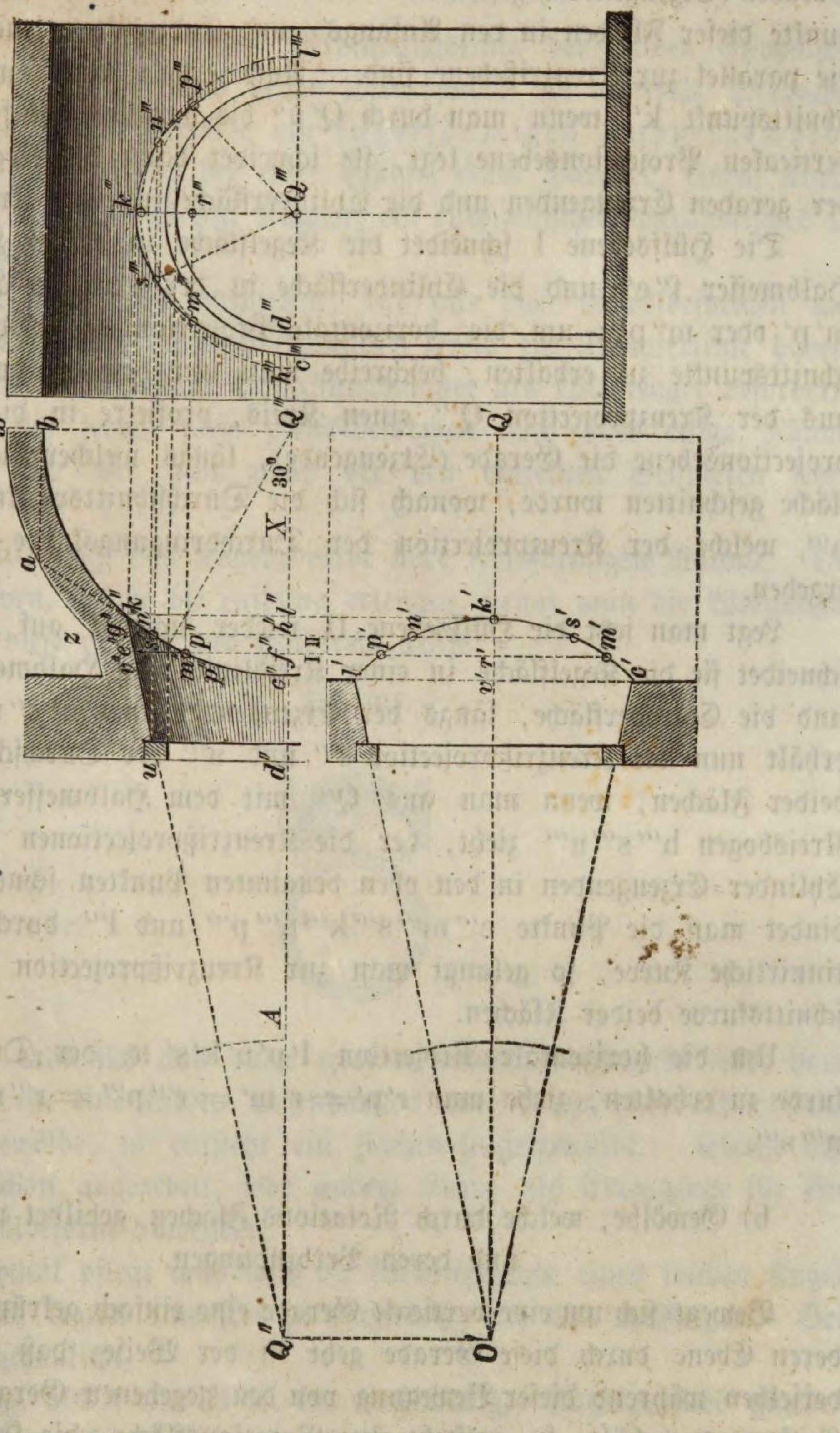


Fig. 890.

wende man solche Hülfsebenen an, die senkrecht auf der Achse A X der Projectionsebenen stehen, diese Ebenen schneiden die Kegelfläche in lauter Kreislinien und die Cylinderflächen nach geraden Linien; je zwei Durchschnittspunkte dieser Flächen liegen dort, wo die Kreislinie von der

Geraden (Erzeugenden) geschnitten wird, es liegen also die Durchschnittspunkte dieser Flächen in den Anfangs- und Endpunkten jener Sehnen, die parallel zur Kreuzrißebene sind. Auch erhält man einen Durchschnittspunkt k′, wenn man durch Q′u′ die parallele Hülfsebene zur verticalen Projectionsebene legt, sie schneidet dann die Kegelfläche in der geraden Erzeugenden und die Cylinderfläche in einer Kreislinie.

Die Hülfsebene I schneidet die Kegelfläche in einem Kreise vom Halbmesser f″e″ und die Cylinderfläche in der geraden Erzeugenden m′p′ oder m″p″; um die horizontale Projection der beiden Durchschnittspunkte zu erhalten, beschreibe man mit dem Halbmesser f″e″ aus der Kreuzprojection Q‴ einen Kreis, projicire in die Kreuzrißprojectionsebene die Gerade (Erzeugende), längs welcher die Cylinderfläche geschnitten wurde, wonach sich die Durchschnittspunkte m‴ und p‴, welche der Kreuzprojection der Durchdringungskurve angehören, ergeben.

Legt man jetzt die Hülfsebene II wieder normal auf AX, dann schneidet sie die Kegelfläche in einer Kreislinie vom Halbmesser h″g″, und die Cylinderfläche, längs der Erzeugenden in s′n′ s″n″. Man erhält nun die Kreuzrißprojection s‴ und n‴ der Durchschnittspunkte beider Flächen, wenn man aus Q‴ mit dem Halbmesser h″s″ den Kreisbogen h‴s‴n‴ zieht, der die Kreuzrißprojectionen s‴n‴ der Cylinder-Erzeugenden in den oben benannten Punkten schneidet. Verbindet man die Punkte c‴m‴s‴k‴n‴p‴ und l‴ durch eine continuirliche Kurve, so gelangt man zur Kreuzrißprojection der Durchschnittskurve beider Flächen.

Um die horizontale Projection l′p′n′k′s′ ꝛc. der Durchschnittskurve zu erhalten, ziehe man r′p′ = r′m′ = r‴p‴ = r‴m‴, n′s′ = n‴s‴.

b) Gewölbe, welche durch Rotations-Flächen gebildet werden, und deren Verbindungen.

Bewegt sich um eine verticale Gerade eine einfach gekrümmte Kurve, deren Ebene durch diese Gerade geht in der Weise, daß jeder Punkt derselben während dieser Bewegung von den gegebenen Geraden dieselbe Entfernung behält, so entsteht eine Rotationsfläche, die Kurve ist die Erzeugende, die verticale Linie hingegen die Drehachse.

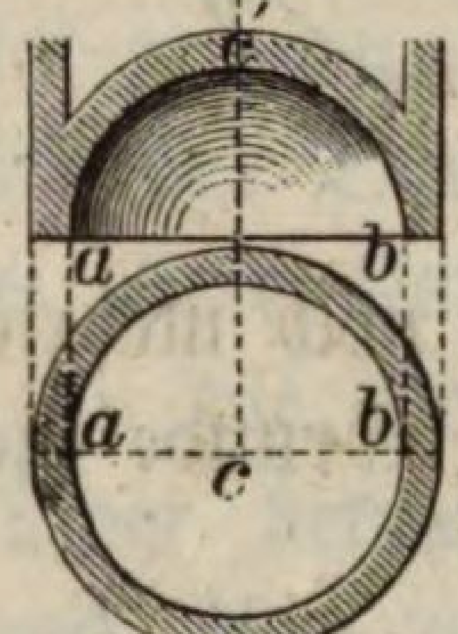
Wird nun eine solche Rotationsfläche als Grundform benutzt, dann nennt man das Gewölbe ein Kuppelgewölbe; ist also die erzeugende

Kurve ein Halbkreis, dessen Verbindungslinie der beiden Endpunkte horizontal ist, und durch dessen Mittelpunkt die verticale Drehachse geht, so heißt das Gewölbe ein **kugelförmiges Kuppelgewölbe** oder **Kugelgewölbe**; bei einer Ellipse, einer Parabel, einem Korbbogen u. s. w. führt es den Namen: ein ellipsoidisches, parabolisches ꝛc. Kuppelgewölbe.

Es ist sehr leicht einzusehen, daß alle diese Gewölbeformen mit verticaler Drehachse einen horizontalen Kreis zur Kämpferlinie haben, demnach eine kreisförmige Umfassungsmauer als Widerlager erfordern. Es lassen sich jedoch diese Gewölbeformen auch über eckige Räume anwenden, wie wir nun gleich bei den einzelnen Beispielen sehen werden.

Fig. 801 zeigt das Kugelgewölbe über kreisförmigem Raume. Die Raum-Kurven, welche die Laibung erzeugen, nennt man die Wölbungslinie, und diese ist hier der Halbkreis a c′ b.

Fig. 801.

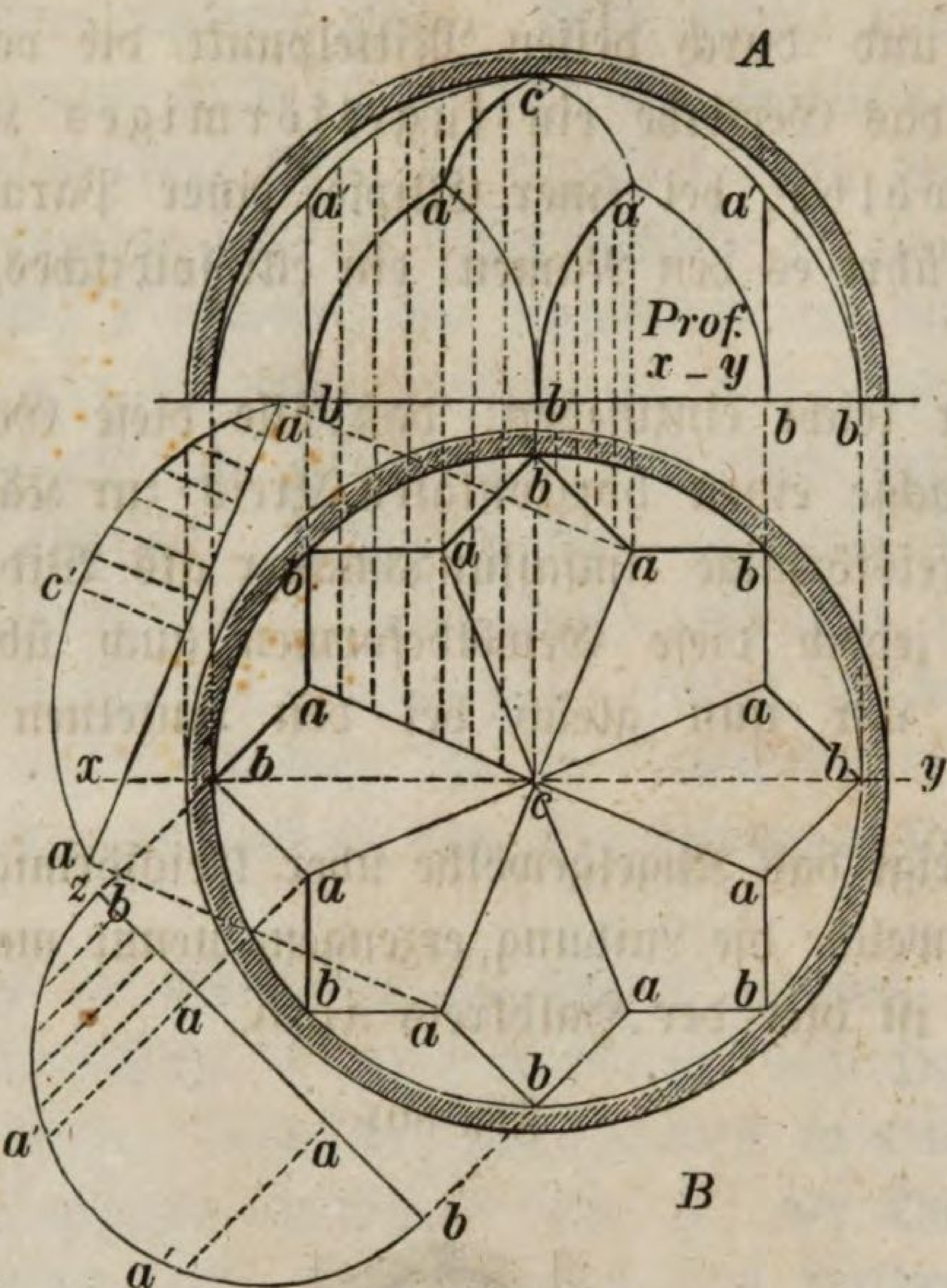


Denkt man sich aus einer großen Kugelfläche mittels einer horizontalen Ebene eine Kalotte abgeschnitten und benutzt diese als Laibung für ein Gewölbe, so entsteht ein flaches Kugelgewölbe. Ebenso läßt sich, wie schon angegeben, jede andere Kurve als Erzeugende für eine solche Gewölbeform anwenden.

Manchmal pflegt man auch die Laibungsfläche eines solchen Kugelgewölbes auf irgend eine Art zu verzieren, wie das nachfolgende Beispiel veranschaulicht.

In Fig. 802 A und B sei ein vollständiges Kugelgewölbe gegeben, und im Grundriß desselben irgend eine aus geometrischen Formen gebildete Figur zur Verzierung des Gewölbes gezeichnet, es soll nun diese Figur auf das Gewölbe in der Weise übertragen werden, daß sie entweder als Rippen oder als Malerei sichtbar bleibe; auch soll die Größe der einzelnen Rippen bestimmt werden.

Fig. 802.



Diese Construction wird noch mehrfach in späteren Beispielen Anwendung finden, aus welchem Grunde die Erklärung hier möglichst allgemein gehalten werden soll.

Vor Allem sind folgende Gesetze festzustellen:

Jeder Schnitt einer Kugel durch eine Ebene in beliebiger Lage giebt einen Kreis; geht die Ebene durch den Mittelpunkt der Kugel, so zeigt die Schnittfläche den größten Kreis. Geht sie nicht durch den Mittelpunkt, so entstehen Halbkreise, deren Durchmesser gleich der Sehne der Kugelgrundfläche sind, welche durch die Durchschneidung der verticalen Schnittebene und der Kugelgrundfläche gebildet wird.

In dem gegebenen Gewölbe sind zweierlei Rippen, nämlich über ac und über ab, vorhanden; da die Rippe über ac in einer durch den Mittelpunkt gehenden Verticalebene liegt, so muß erstere nach dem größten Kreise der Kugel, nämlich nach der Wölbungslinie, gekrümmt sein.

Die genaue Construction der einzelnen Rippen in der verticalen Projection geschieht am einfachsten durch die Vergatterung, die schon bei den Verbindungen der Tonnengewölbe gezeigt wurde.

Sehr häufig findet man auch Kugelgewölbe durch sogenannte Kasetten (siehe Fig. 135, I. Abthl. „Mauerconstruction“) verziert, deren Darstellung nun auch hier gezeigt werden soll.

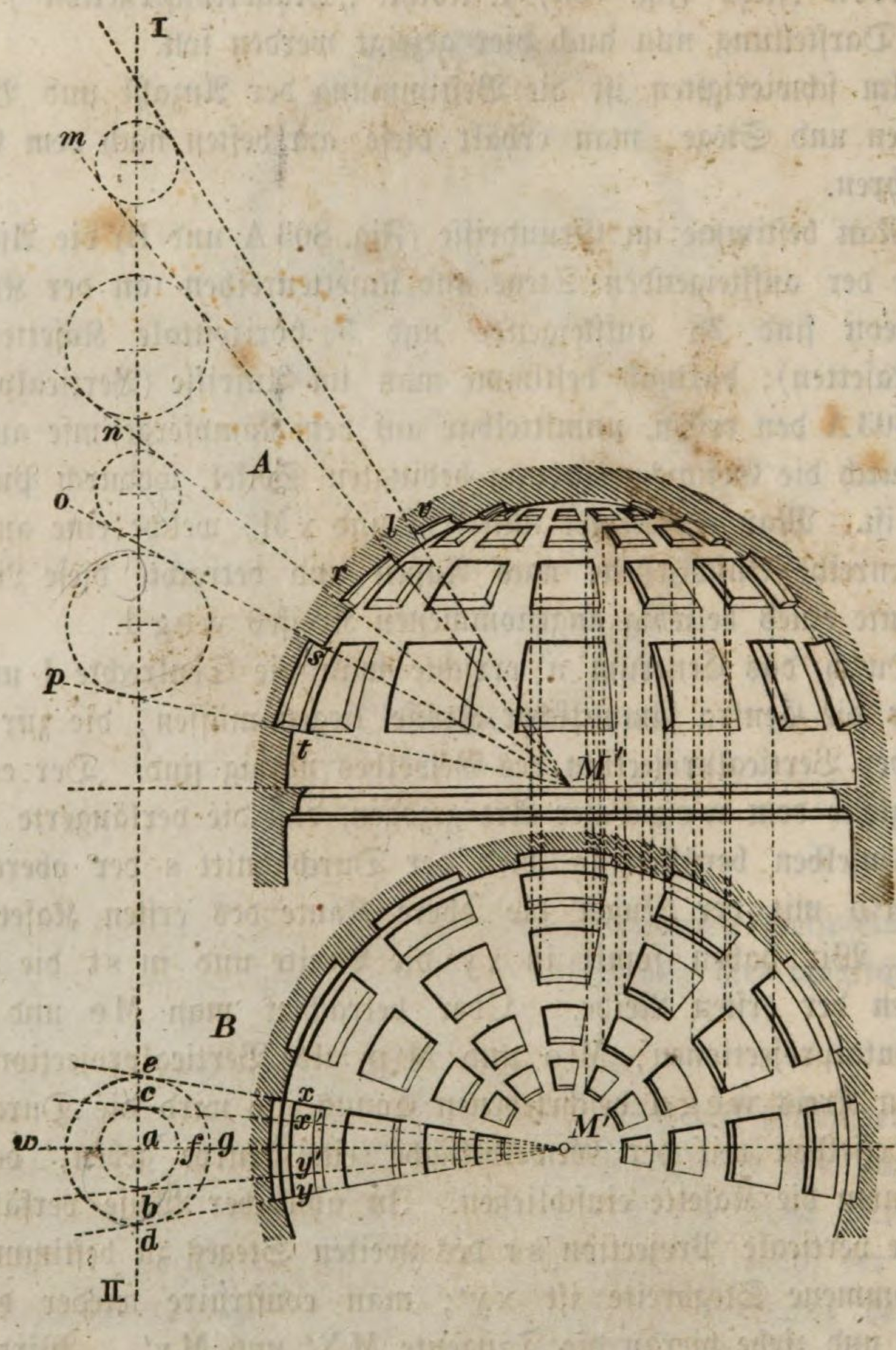
Am schwierigsten ist die Bestimmung der Anzahl und Breite der Kasetten und Stege; man erhält diese am besten nach dem Emy'schen Verfahren.

Man bestimme im Grundrisse (Fig. 803 A und B) die Anzahl und Breite der aufsteigenden Stege und Kasettenreihen (an der Kuppel des Pantheon sind 28 aufsteigende und 5 horizontale Kasetten, giebt 140 Kasetten); darnach bestimme man im Aufrisse (Verticalprojection) Fig. 803 A den ersten, unmittelbar auf dem Kämpfergesimse aufsitzenden und durch die Gesimsausladung bedingten Sockel, wodurch Punkt t gegeben ist. Man verlängere nun yM und xM, welche eine aufsteigende Kasettenreihe einschließen, nach Außen und betrachte diese Linien als Tangente eines beliebig angenommenen Kreises wegd.

Durch das Centrum a errichte man die Senkrechte I und II, in welcher die Centra sämmtlicher Kreise liegen müssen, die zur Eintheilung der Verticalprojection des Gewölbes nöthig sind. Der erste Kreis wird gleich dem wegd der Art gezogen, daß die verlängerte M't oder M'p denselben berührt, so wird der Durchschnitt s der oberen Tangente M'o mit der Kugel die obere Kante des ersten Kasettenringes geben. Wir haben somit in xy die Breite und in st die Höhe der Kasetten der ersten Reihe. Oder betrachtet man Me und Md als Horizontalprojectionen, M'o und M'p als Verticalprojectionen eines um den Kreis wegd beschriebenen Conus, so wird die Durchschnittslinie desselben mit der Gewölbefläche eine Kurve geben, deren vier Tangenten die Kasette einschließen. In ähnlicher Weise verfährt man, um die verticale Projection sr des zweiten Steges zu bestimmen. Die angenommene Stegbreite ist xy'; man construire wieder den Kreis icfb, und ziehe hieran die Tangente MX' und My'. Wird derselbe Kreis in der Verticalprojection tangirend an M'o gezogen, so wird der Durchschnitt der oberen Tangente M'n mit der Gewölbefläche die obere Kante r des Steges bestimmen.

Durch Wiederholung des angegebenen Verfahrens erhält man die Punkte l und v u. s. w., bis die Kasetten so klein werden, daß ihre Anlage kleinlich erscheinen würde. Der Scheitel des Gewölbes bleibt alsdann platt, oder er wird wie beim Pantheon, mit einem Oberlicht versehen (siehe Fig. 136 in der I. Abtheilung), oder man schließt diese

Fig. 803.



Durchbrechung mit einer zurückgesetzten flachen Kuppel, welche zur Aufnahme eines Gemäldes bestimmt ist.

Vorstehende Construction beruht auf dem Gesetze: betrachtet man Me und Md als die Risse zweier Meridianebenen, welche eine aufsteigende Reihe Kasetten einschließen, so berühren die Tangenten alle Kegel, welche man in die Kugel wegd in verschiedener Lage zu ziehen vermag, vorausgesetzt, daß ihr Mittelpunkt die Senkrechte I, II nicht verläßt. Da die Durchschnittslinie dieser Kegel mit dem Intrades der

Gewölbefläche Kreise bilden, die von Me und Md berührt werden, so muß eine stetige Verjüngung derselben gegen den Gewölbescheitel stattfinden.

Die Hälfte eines Kugelgewölbes, welche durch eine durch den Mittelpunkt gehende verticale Ebene entsteht, findet auch, ähnlich wie

Fig. 804.

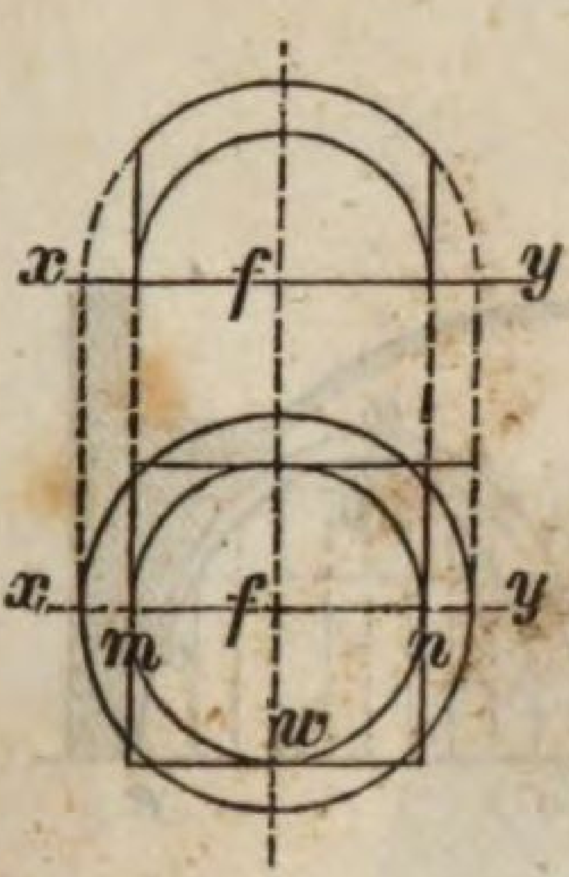
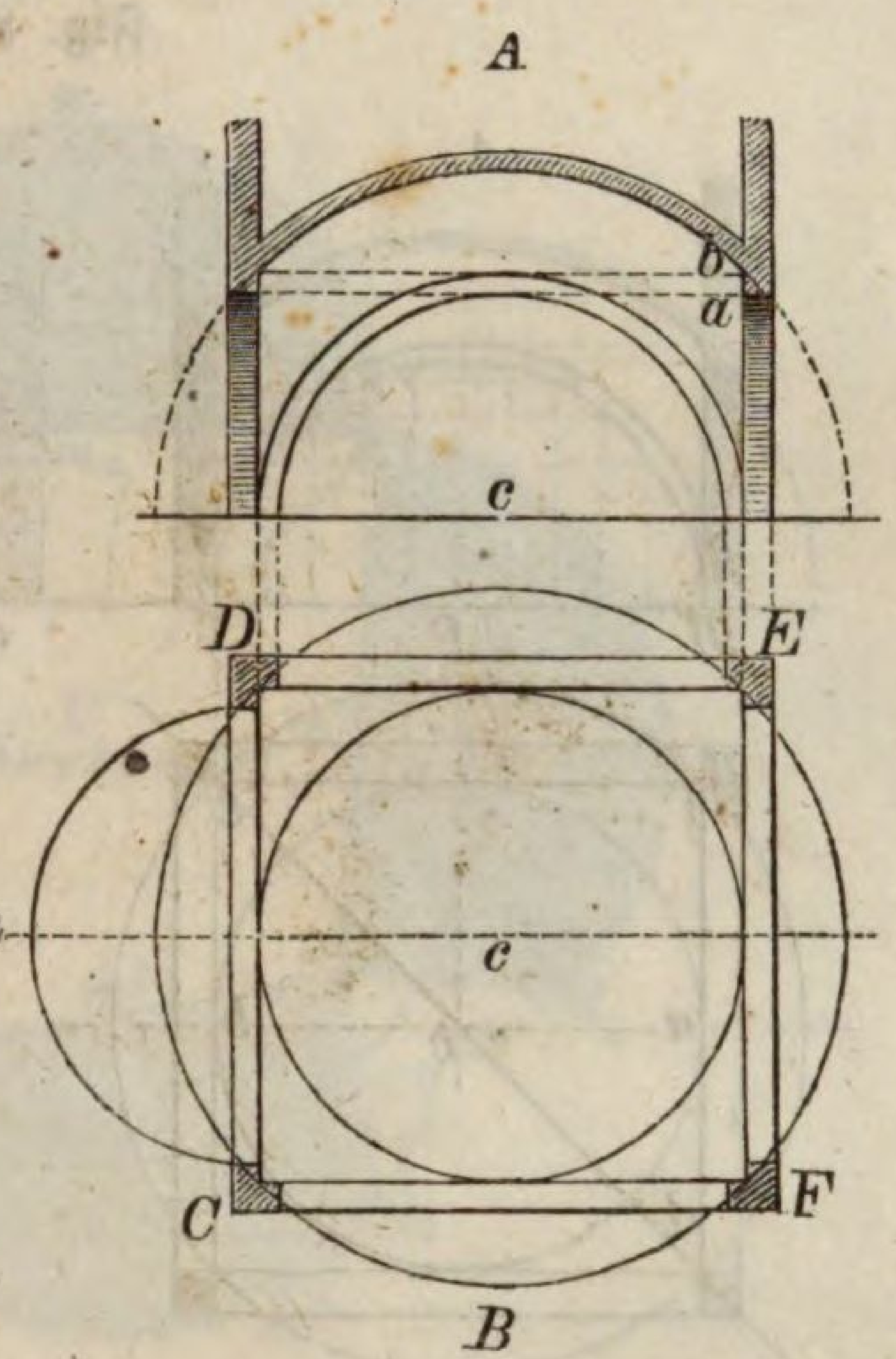


Fig. 805.



bei dem Kloster= und Kreuzgewölbe erwähnt wurde, bei Kirchenchören u. s. w., als sogenanntes Chor= oder Nischengewölbe, Anwendung. Denkt man sich an einer Halbkugel mit horizontalem Begrenzungskreis in den letztern eine regelmäßige gleichseitige Figur gezeichnet, und durch die einzelnen Seiten derselben verticale Ebenen gelegt, so schneiden letztere von der Halbkugel so viele Halbkalotten ab, als die Grundfigur Seiten hat, während der noch übrige Theil der Halbkugel als Gewölbeform zur Ueberdeckung der Grundfigur dient.

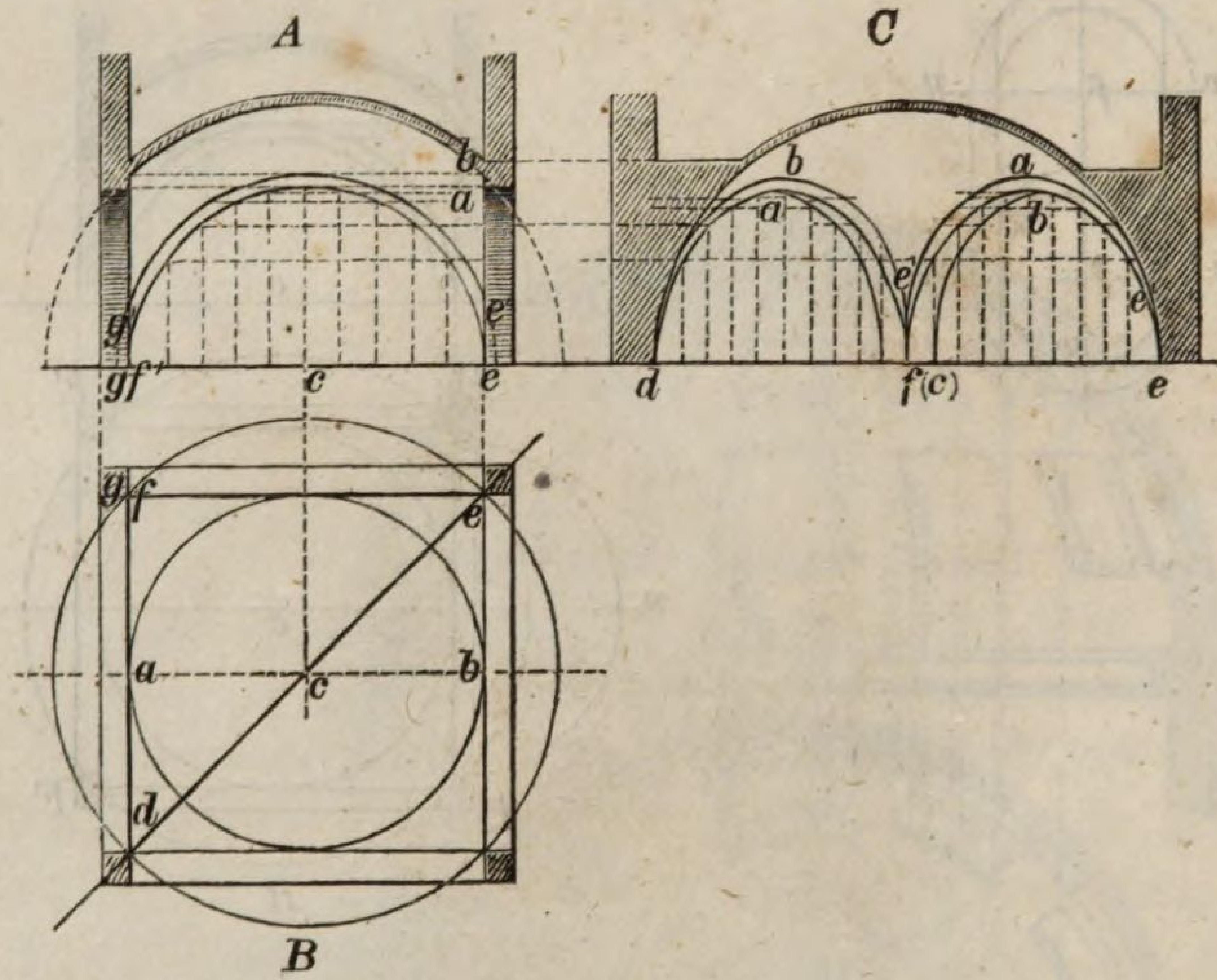
Durch diese Verticalebenen wird die Halbkugel nach Halbkreisen, deren Durchmesser gleich den Seiten der Grundfigur sind, geschnitten.

Fig. 804 zeigt das Princip einer solchen Gewölbeform über einem quadratischen Raum, und Fig. 805 A und B giebt die nähere graphische Construction für ein solches Kugelgewölbe über quadratischem Raum an.

Die Wölbungslinie ist ein Halbkreis, dessen Durchmesser gleich der Diagonale des Quadrates ist. Die Kämpferlinien an den Umfassungs=

mauern bestehen aus vier congruenten Halbkreisen, welche in den Ecken zusammenlaufen. Es ist nun auch bei diesen Gewölben, wenn die Schildmauern offen sein sollen, CD der Gurtbogen, welcher hier gleichzeitig als Widerlager dient. Der Gurtbogen steht um das Stückchen ab vor der Schildlinie des Gewölbes, damit noch ein hinreichendes Widerlager vorhanden bleibe.

Fig. 806.



Soll nun der Pfeiler quadratisch werden (Fig. 806 A — C), so muß man, um den Vorsprung ab demnach zu erhalten, den Durchmesser ef der Wölbungslinie etwas größer, als die Diagonale des Quadrates angiebt, machen. Ist der Vorsprung ab gegeben, so projicirt man g' nach g, wonach man dann den Radius der Wölbungslinie angiebt.

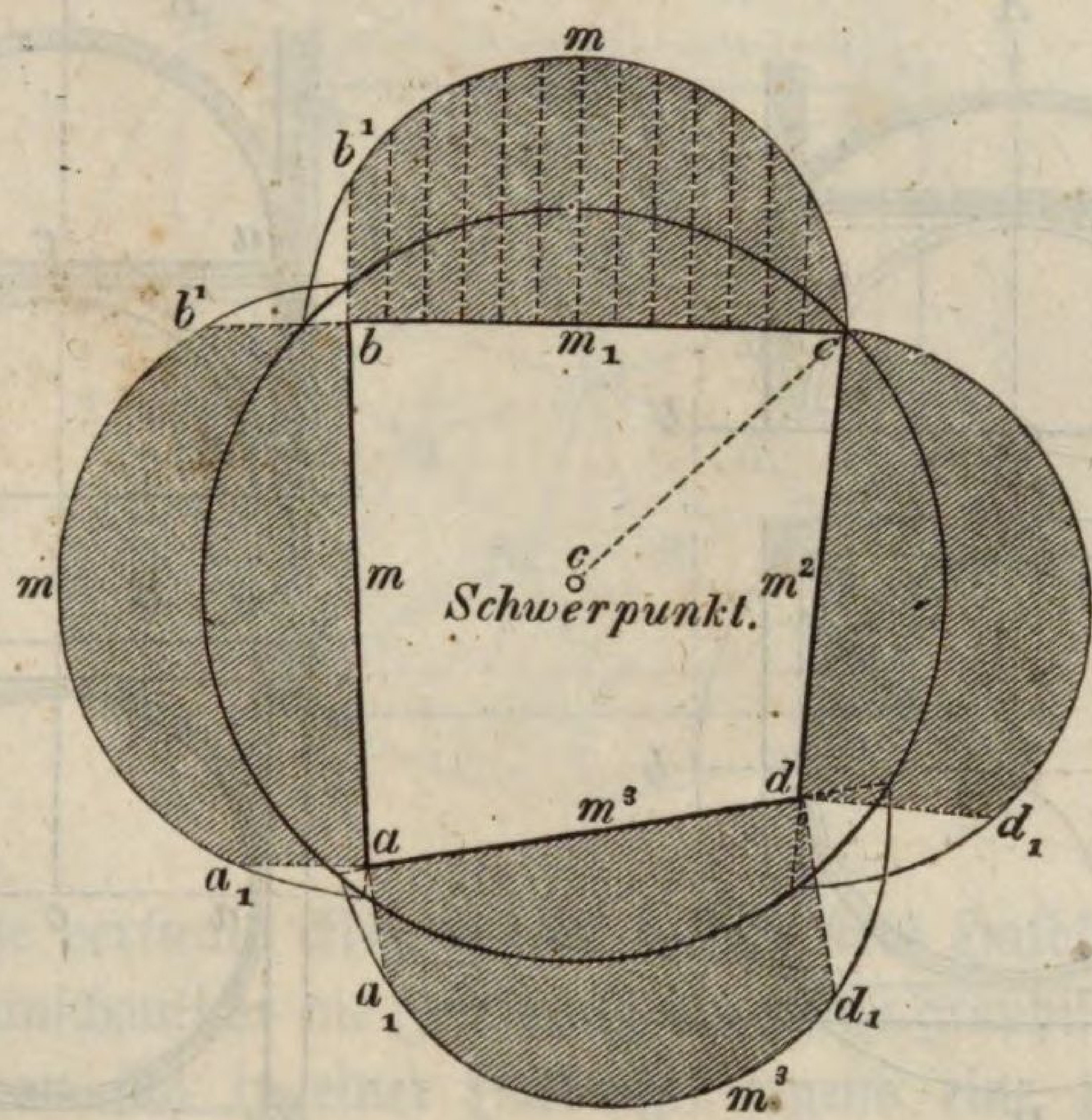
Um den verticalen Diagonalschnitt zu zeichnen, beschreibe man erst mit der Diagonale des Quadrates über de einen Halbkreis und zeichne die Schildbögen über fd und fe in der Ansicht mittels Vergatterung.

Ganz in derselben Weise läßt sich nun die eine oder die andere Art solcher böhmischer Gewölbe über einen rechteckigen Raum bilden; man wird aber zweierlei Halbkreise oder Segmentbögen als Schildbögen erhalten; desgleichen über regelmäßigen, vieleckigen Grundflächen.

Der Durchmesser der Wölbungslinie wird stets der Diagonale des Polygons gleich sein.

Soll nun ein böhmisches Gewölbe über einem unregelmäßigen Raum (Fig. 807) construirt werden, so muß zunächst der Schwerpunkt C des zu überwölbenden Raumes gesucht werden, und alsdann ist die

Fig. 807.



größte Diagonale als Radius (Cc) der Halbkuppel anzunehmen; ferner sind über ab, bc, cd da Ebenen zu legen, welche die Kugel als Halbkreise durchschneiden, letztere klappe man in die horizontale Ebene um, ziehe auf a, b, c und d Senkrechte, wodurch die Schildbögen a'mb', b'mc, cmd' und d'ma, entstehen. Der Kämpferpunkt c wird in der Horizontalen selbst liegen.

Sehr oft werden die Gewölbe Fig. 805 und 806 auch in der Weise construirt, daß die über den vier Widerlagsbögen befindliche Kalotte von den zwischen denselben liegenden Zwickeln durch horizontale Cylinder (Gesims) getrennt werden, wie in Fig. 808 A und B gezeigt ist.

Die Wölbungslinie der vier Zwickel hat den Durchmesser xy, gleich der Diagonale des Quadrates, und die der Kalotte besitzt einen größeren Durchmesser a—b, welcher von der Höhe des Gesimses abhängt, so daß demnach streng genommen zwei Kuppeln von geringem Durchmesserunterschied übereinander gedacht werden können.

Statt der Kalotte, deren Mittelpunkt mit demjenigen der Kugelfläche zusammen fällt, findet man auch öfters eine größere Kalotte, deren Mittelpunkt höher liegt, und welche sogar in eine Halbkugel übergehen kann, wie Fig. 809 A und B zeigt. Die vier Zwickel bilden den Uebergang von der quadratischen Grundform in die kreisförmige;

Fig. 808.

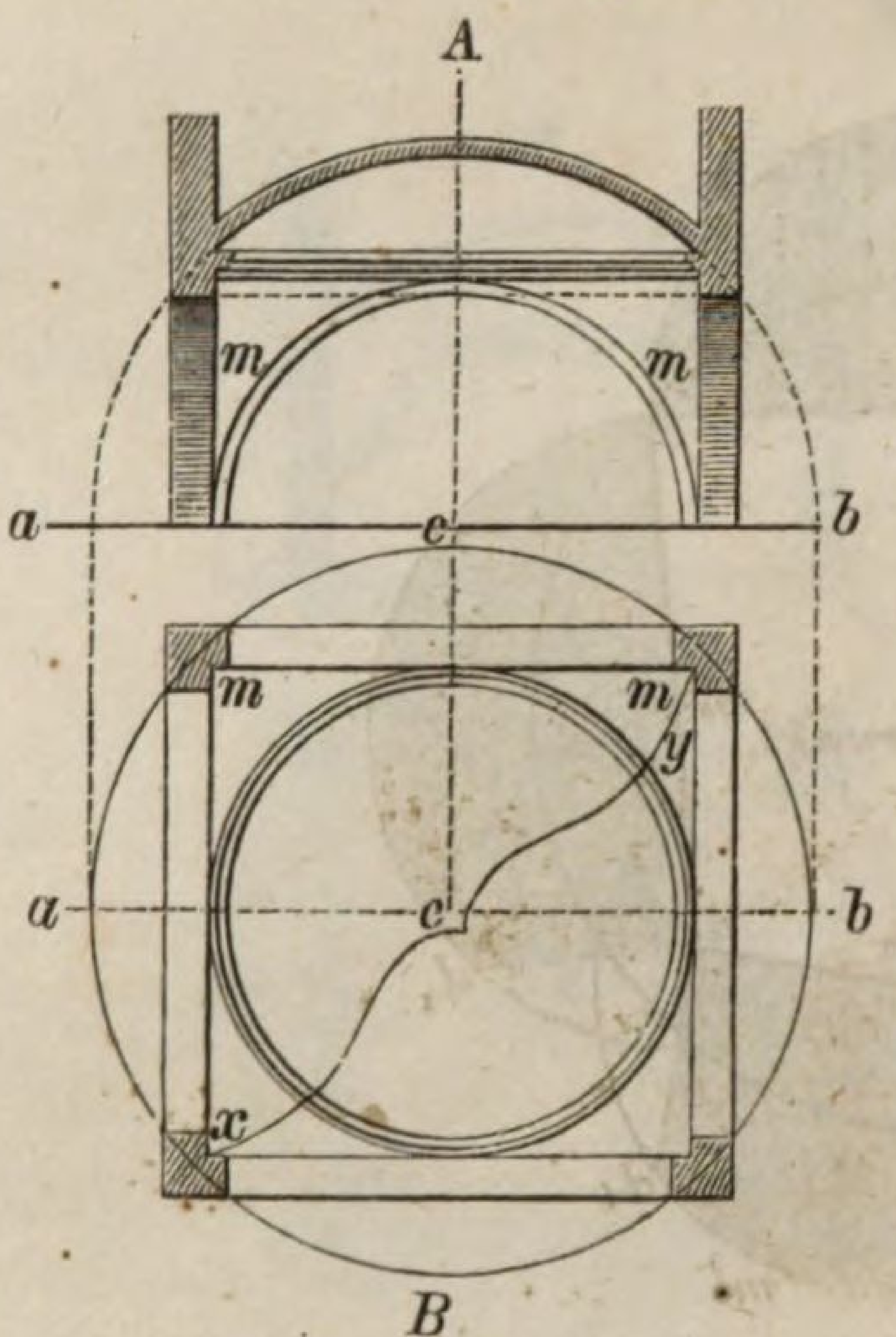
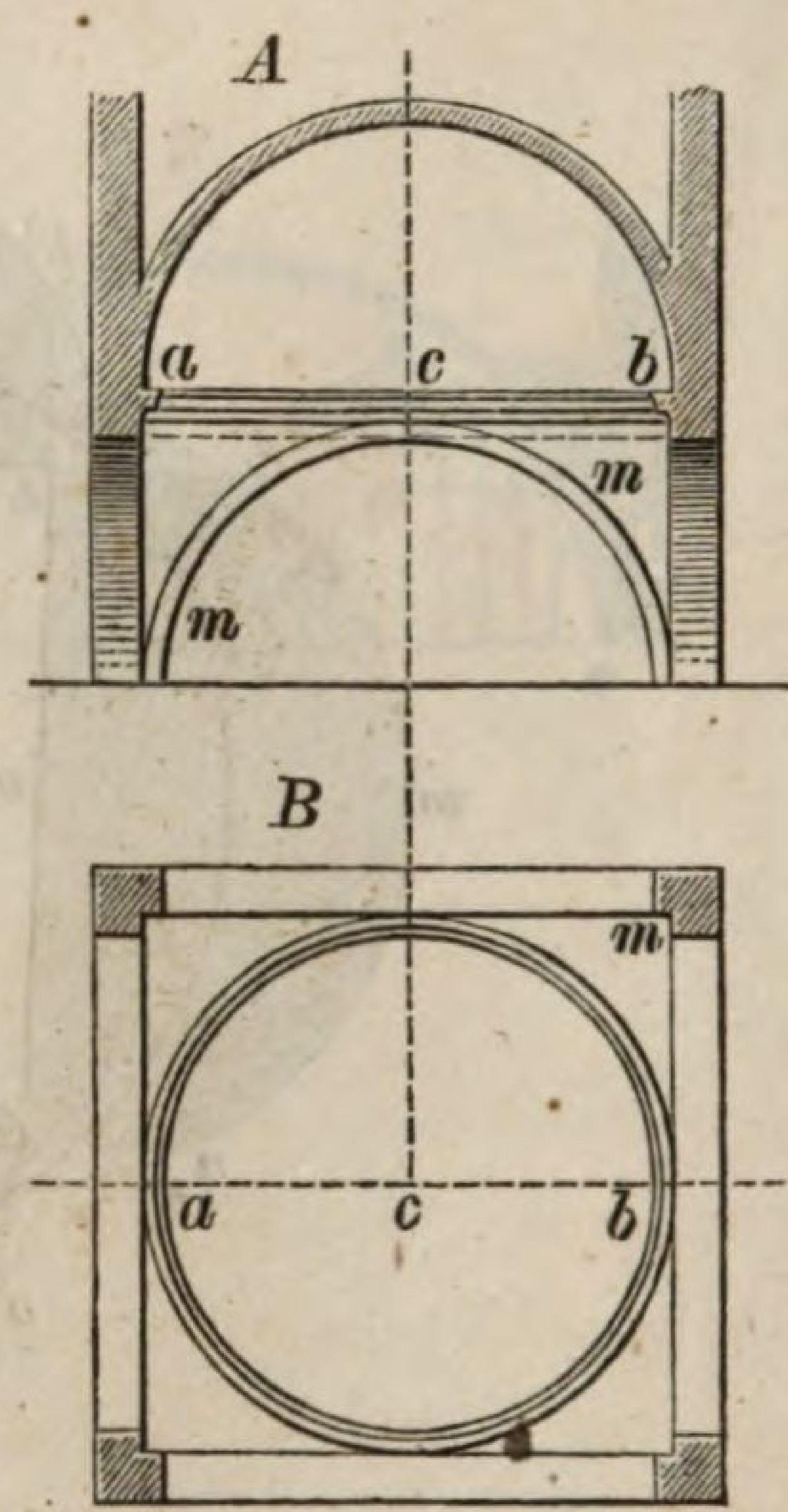


Fig. 809.

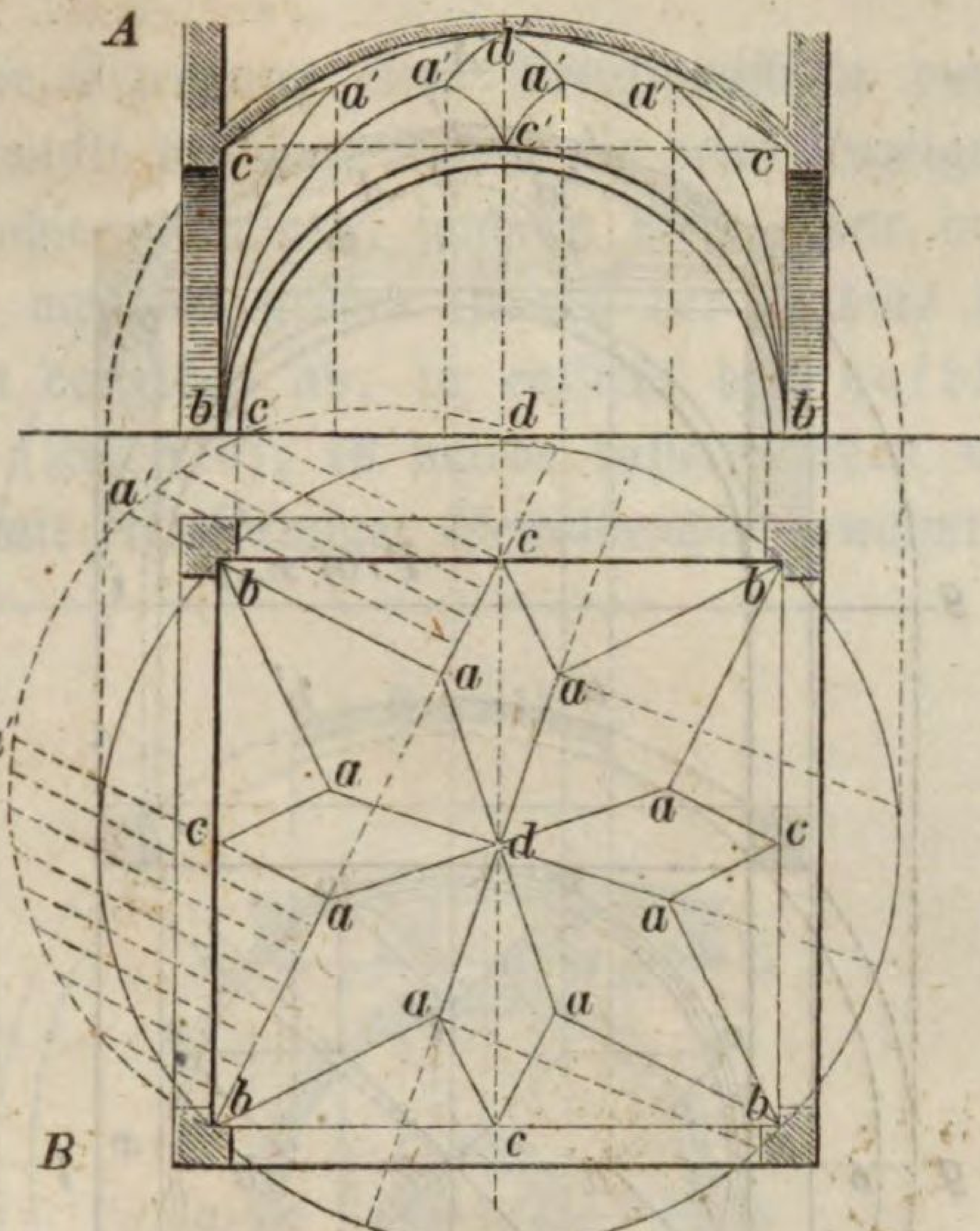


manchmal findet man auch, zwischen den vier Zwickeln und dem Kugelgewölbe, noch eine verticale cylindrische Mauer, den sogenannten Tambour, aufgeführt.

Auch die Gewölbe (Fig. 805 und 806) werden oft in verschiedener Weise verziert, wie Fig. 802 veranschaulicht. Fig. 810 A und B geben eine verzierte Kalotte; die Herstellung der einzelnen Bögen als Kugelschnitte ist wieder ganz ebenso, wie in Fig. 802 gezeigt wurde. In dem gegebenen Gewölbe kommen dreierlei Bögen vor, die Bögen aa, ab und ac.

Ein anderes Beispiel führt Fig. 811 A und B vor. Hier befindet sich über den Zwickeln ein Gesims, auf welches sich eine verzierte Kalotte setzt. Um die Verzierung in der Verticalprojection zu zeichnen, muß erstere zuvor in der Horizontalprojection gegeben sein. Den Aufriß findet man dadurch, daß man durch die betreffenden Seiten

Fig. 810.



im Grundrisse verticale Ebenen legt, welche stets Halbkreise geben. Im Uebrigen veranschaulicht die Zeichnung die ganze graphische Construction.

Denkt man sich in einer Halbkugel irgend eine zu überwölbende Grundfläche, deren Endpunkte nicht in dem Umfange des Kreises liegen und deren Schwerpunkt mit dem Mittelpunkte der Halbkugel zusammenfällt, gezeichnet, und über die Seiten dieser Grundfläche eine verticale Ebene errichtet, so kann der über der Grundfläche liegende Theil der Kugelfläche als eine Gewölbeform betrachtet werden, und solche nennt man in der Regel **böhmische Gewölbe**.

Fig. 812 A—C zeigt ein solches böhmisches Gewölbe über einem rechteckigen Raum. Die Herstellung der einzelnen Schildbögen ist auch hier wieder sehr einfach, wenn man sich nach den oben angegebenen Gesetzen für die Kugelschnitte richtet, und verweisen wir ferner auch noch auf die Zeichnung in der I. Abtheilung, „Mauerconstruction“ Fig. 141.

Die böhmischen Gewölbe lassen sich auch über ganz unregelmäßige Räume spannen, nur ist darauf zu achten, daß der Mittelpunkt stets in der Projection des Schwerpunktes liege.

Im Uebrigen ist bei Austragung der Schildbögen der böhmischen

Fig. 811.

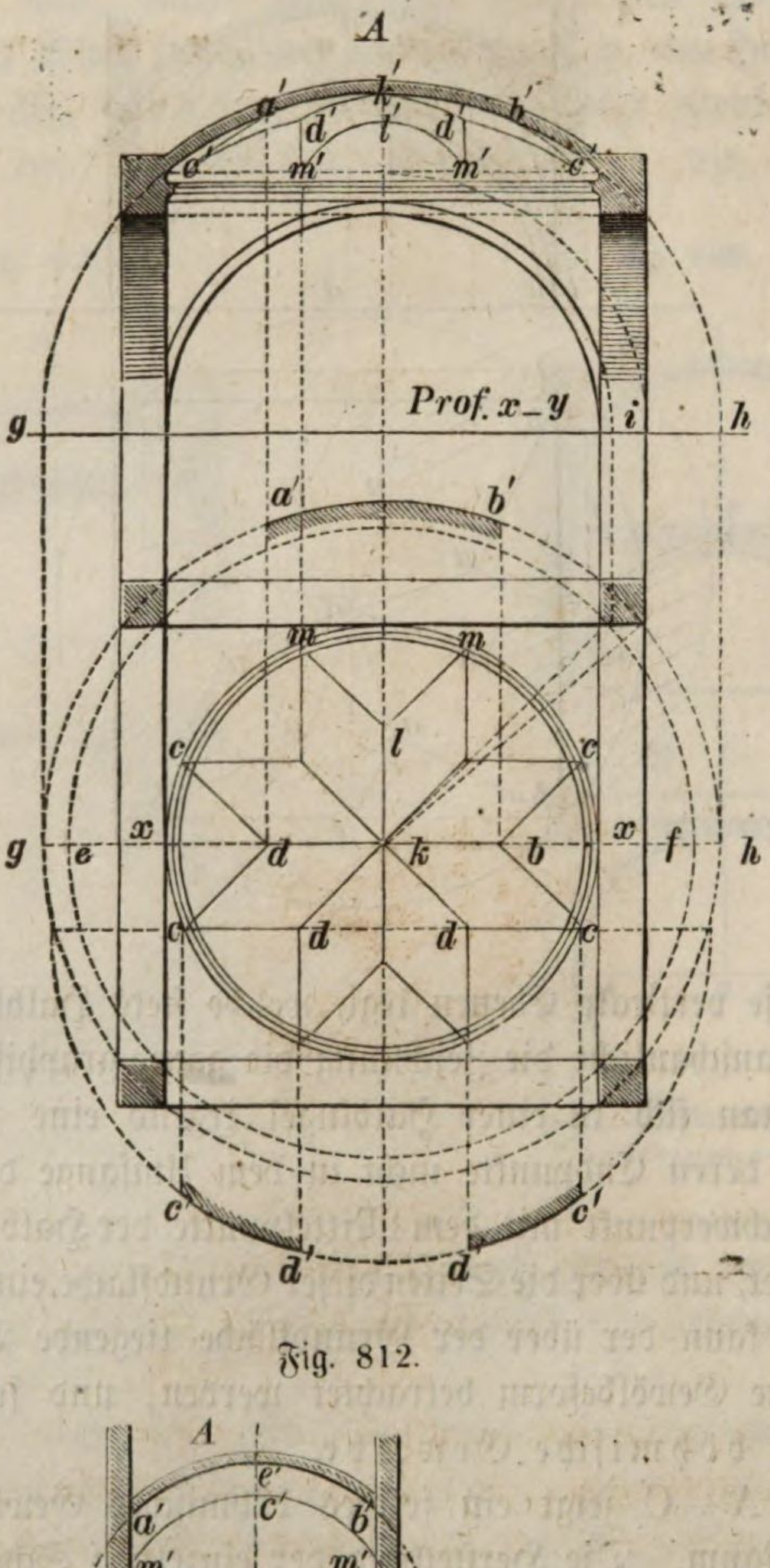
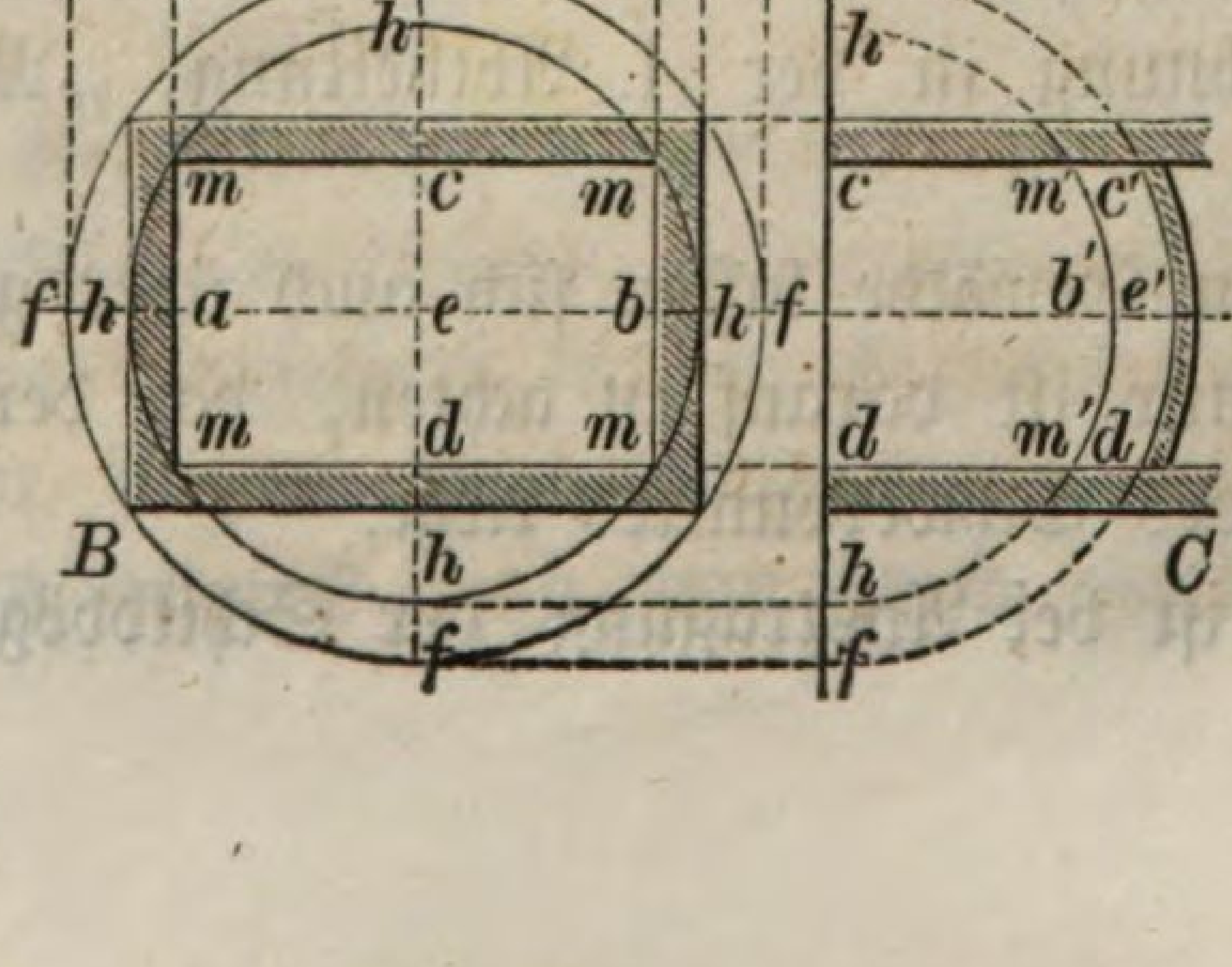


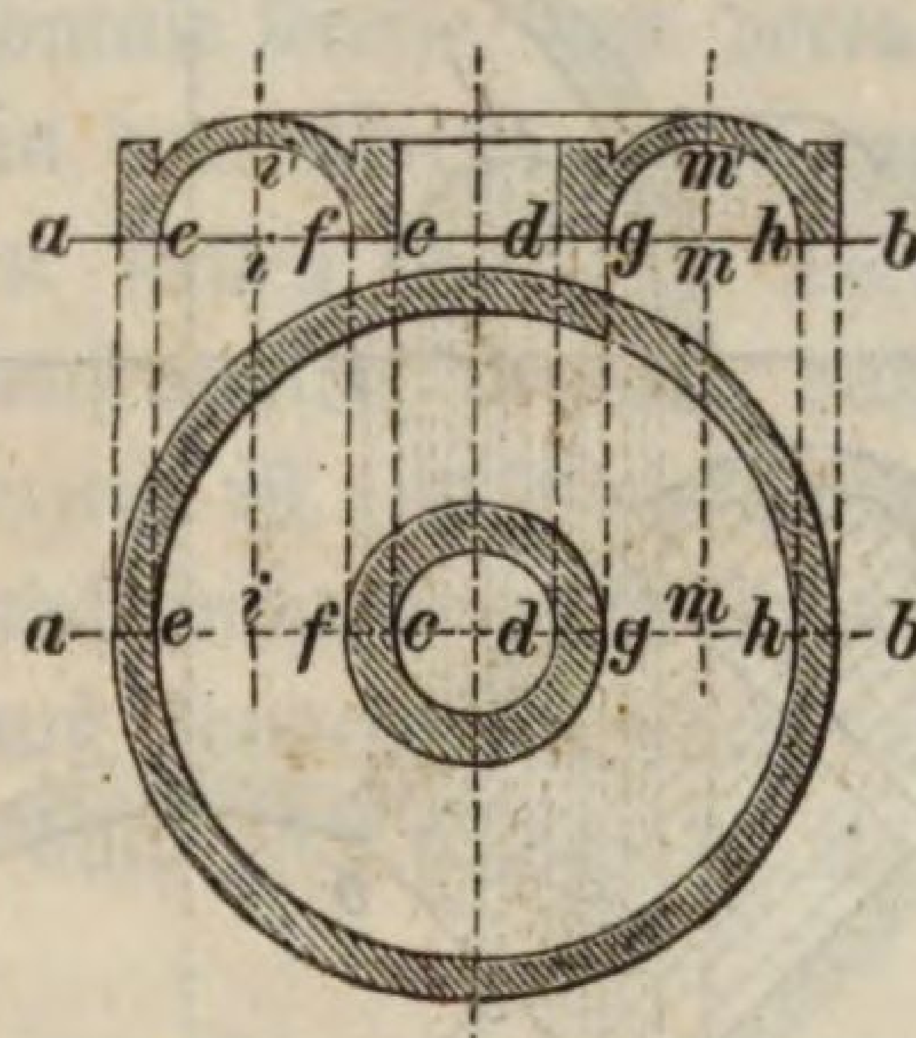
Fig. 812.



Gewölbe dasselbe Verfahren gültig, welches in Fig. 807 und 141 gezeigt wurde.

Fällt bei der Erzeugung einer Rotationsfläche durch einen Halbkreis der Mittelpunkt desselben nicht, wie beim Kugelgewölbe, mit der verticalen Drehachse zusammen, sondern bleibt diese in einer gewissen Entfernung, die meistens größer ist als der Radius des erzeugenden Halbkreises, von derselben ab, so entsteht das *halbkreisförmige Ringgewölbe* (Fig. 813); es wurde dasselbe schon weiter oben als Tonnengewölbe mit kreisförmiger Gewölbeachse erwähnt.

Fig. 813.



Nimmt man bei diesem Ringgewölbe nur die durch den äußeren Viertelkreis erzeugte Fläche als Grundfläche und überdeckt den inneren noch freien Raum mittels eines scheitrechten Gewölbes, so entsteht das *Spiegelgewölbe* über kreisförmiger Grundfläche.

Die beiden eben genannten Gewölbeformen können nun ebenso durch einen Segmentbogen, eine Ellipse u. s. w. erzeugt werden.

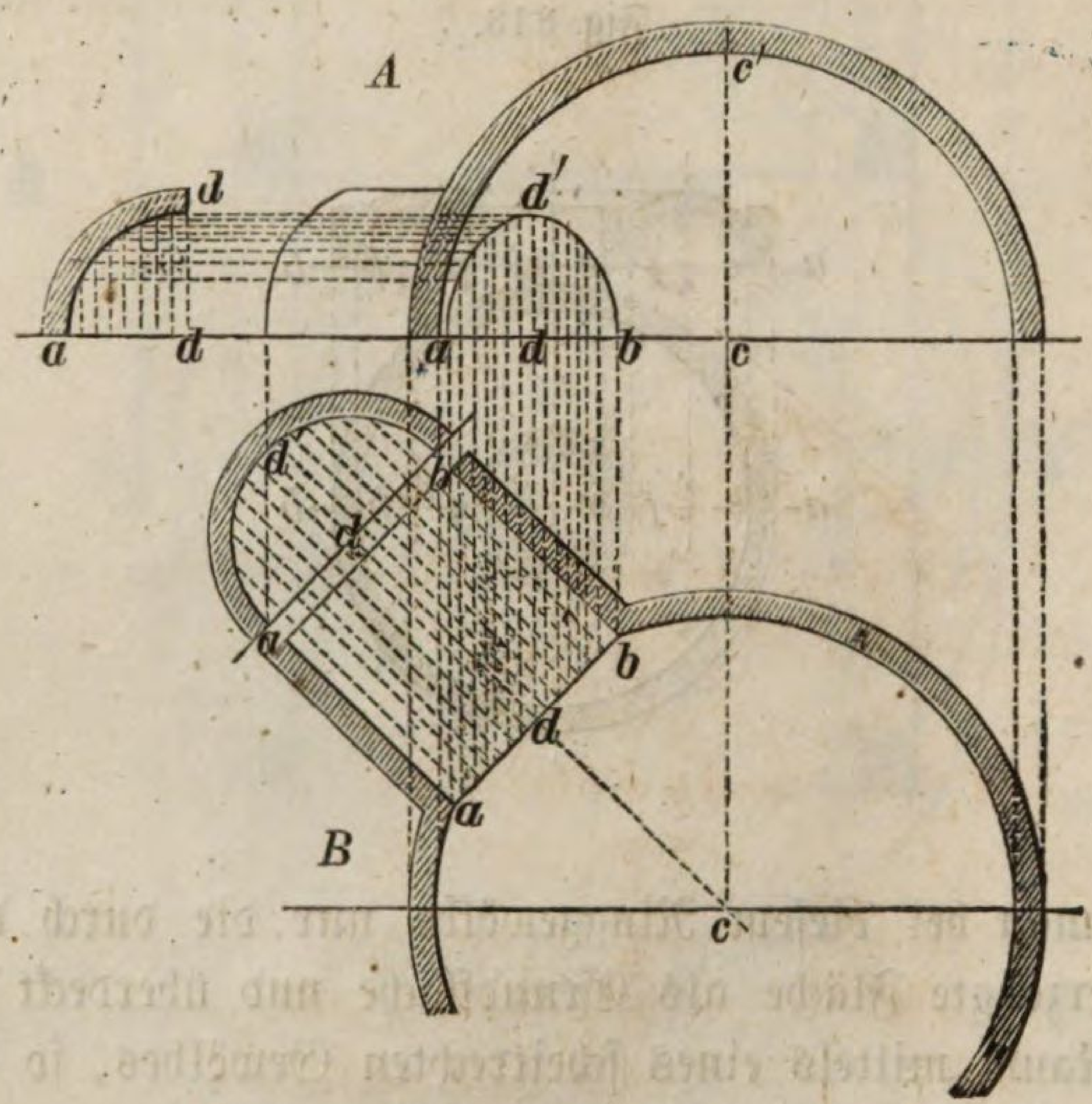
Alle bisher betrachteten Gewölbeformen hatten eine verticale Drehachse; es können aber Gewölbeformen vorkommen, wenn auch nur sehr selten, welche von Rotationsflächen mit horizontaler Drehachse gebildet sind. Hierher gehört z. B. das elliptische Kuppelgewölbe mit horizontaler Drehachse, bei welchem die Laibungsfläche von einem Rotations-Ellipsoid gebildet wird.

Auf gleiche Weise können, z. B. bei Nischen- oder Chorgewölben, Rotations-Paraboloide mit horizontaler Achse u. s. w. Anwendung finden.

c) Verbindungen von Tonnen- und Kuppelgewölben, windschiefe Flächen, Schraubenflächen ꝛc.

Dieses Capitel umfaßt die Verbindungen von Gewölbeformen des ersten und zweiten Capitels, also die Durchdringungen von Tonnengewölben und Kuppelgewölben; dann kommen noch alle jene Gewölbeformen in Betrachtung, welche sich in Bezug auf ihre geometrische Form keinem der beiden ersten Capitel anreihen lassen, jedoch meistens aus diesen Gewölbeformen hervorgehen.

Fig. 814.



Unter den Verbindungen der Tonnengewölbe mit Kuppelgewölben kommt folgendes Beispiel am häufigsten vor (Fig. 814 A und B). Es wird darin ein Kugelgewölbe von einem halbkreisförmigen Tonnengewölbe, dessen Achse horizontal ist und durch den Mittelpunkt des ersteren geht, durchdrungen.

Die Durchdringungskurve der Cylinder- und Kugelfläche ist, da die Achse der ersteren durch den Mittelpunkt der letzteren geht, ein Halbkreis und zwar der Ergänzungshalbkreis der Cylinderfläche. Derselbe projicirt sich im Grundrisse als eine gerade Linie ab, während er in der Verticalprojection als Halbellipse erscheint.

Letztere läßt sich durch Vergatterung aus dem Querschnitte des

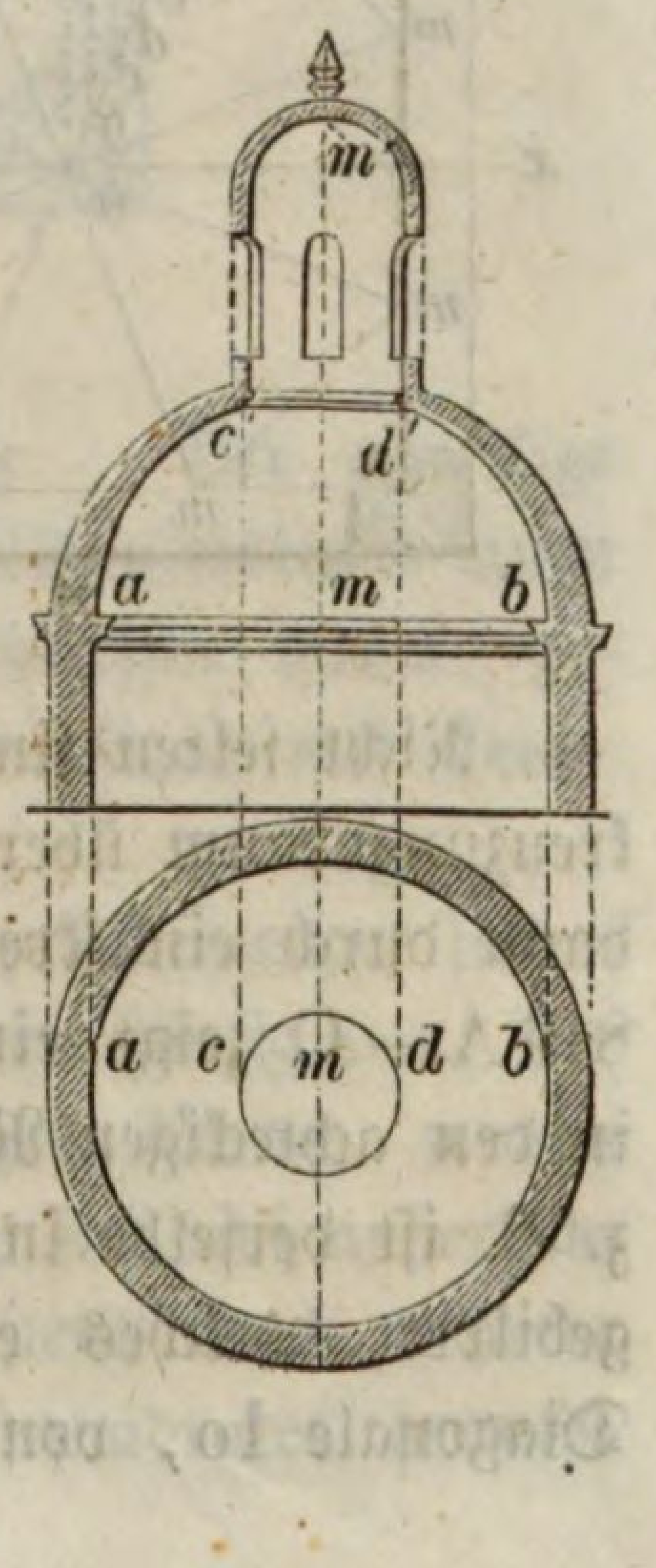
halbkreisförmigen Tonnengewölbes ermitteln, wie in der Figur hinreichend deutlich gezeigt ist.

Es lassen sich nun noch verschiedenartige Modificationen anordnen, stets aber ist immer der Satz festzuhalten, daß durch beide sich durchdringende Gewölbeformen Hülfsebenen zu legen sind, welche das Cylindergewölbe nach einer geraden Erzeugenden, das Kuppelgewölbe nach einem Kreis oder sonst einer constructiven Kurve schneiden

Wir wollen nun noch einzelne Verbindungen früherer Gewölbe betrachten, die sehr häufig bei sogenannten Kirchenkuppeln Anwendung finden. Soll die in dem zweiten Capitel zu Grunde liegende Kugelgewölbeform in Stein ausgeführt werden, so ist die einfachste Zurüstung eines solchen Gewölbes die, dasselbe in horizontale Ringe zu theilen, deren Lagerfugen horizontale Kreise, und deren Lagerflächen Kegelflächen bilden, deren Spitzen in dem Mittelpunkte der Halbkugel liegen. Die Stoßfugen und Flächen stellen verticale Meridian-Ebenen dar. Es geht nun aus dieser Construction hervor, daß jeder Ring, wenn der letzte Stein desselben versetzt ist, im Gleichgewicht sich befindet, und daß das Kugelgewölbe demnach nicht, wie ein Tonnengewölbe, durch Schlußsteine geschlossen sein muß, sondern in jeder beliebigen Schichtung offen bleiben kann (vergleiche auch Fig. 132—136 in der I. Abthlg. „Mauerconstruction").

Hieraus geht nun die Anwendung der sogenannten Laternen bei den Kuppelgewölben hervor.

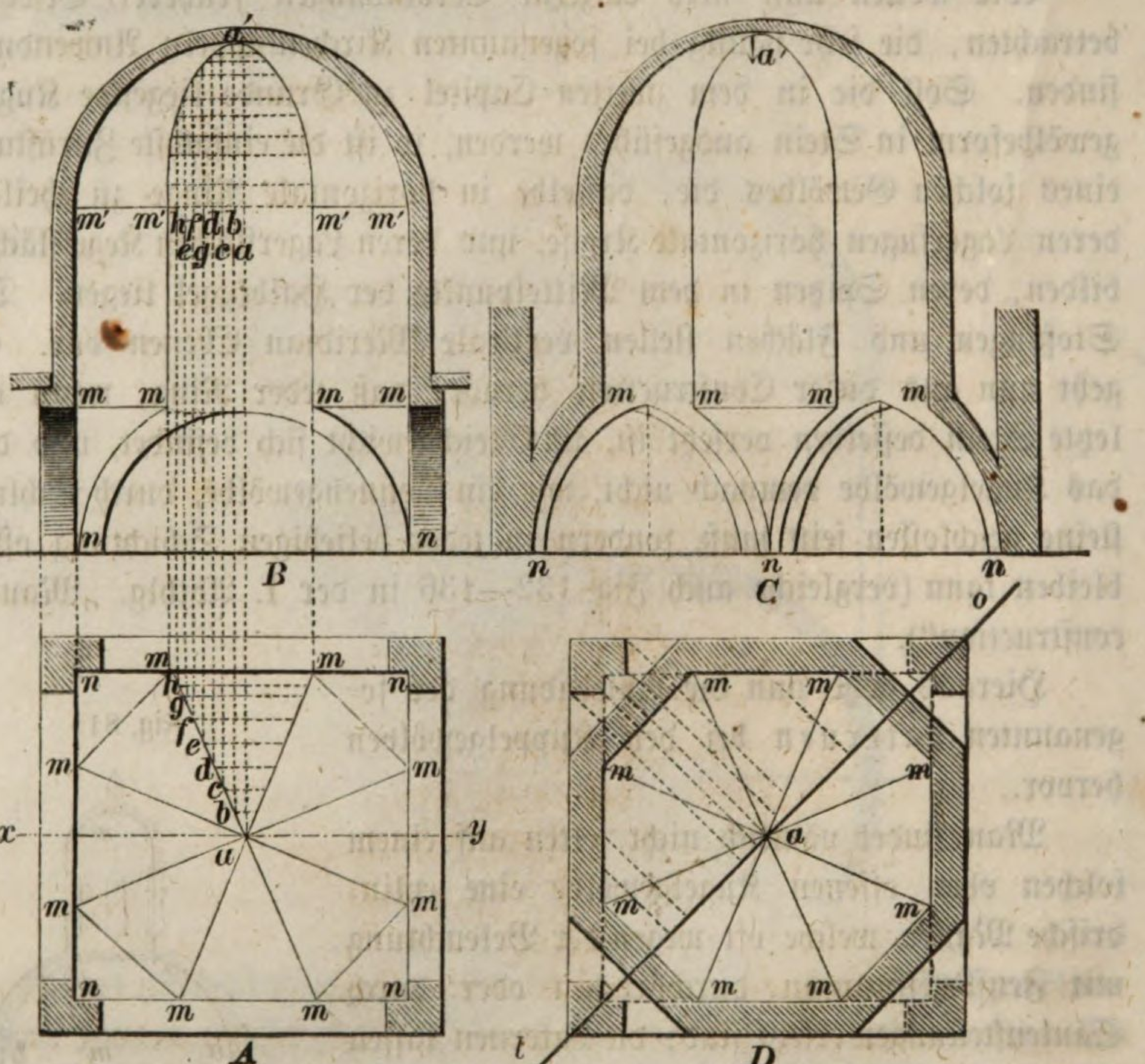
Fig. 815.



Man findet nämlich nicht selten auf einem solchen oben offenen Kugelgewölbe eine cylindrische Mauer, welche oft wegen der Beleuchtung mit Fensteröffnungen durchbrochen oder durch Säulenstellungen ersetzt sind; die Laternen lassen sich dann wiederum durch ein kleines Kuppelgewölbe schließen. Fig. 815 zeigt eine solche Anwendung; derartige Laternen können auch bei Kuppelgewölben über vieleckigen Räumen Anwendung finden. Wie schon in Fig. 809 gezeigt, und hierbei auch näher erklärt wurde, wird bei einem Kugelgewölbe über quadratischem Raum die obere Kalotte weggeschnitten und auf den kreisförmigen Ring, der durch Herauswöl-

bung der vier Zwickel nach einer Kugelfläche mit der Diagonale als Durchmesser aus den Ecken hervorgebracht wurde, eine cylindrische Mauer oder auch ein neues ganzes Kugelgewölbe aufgeführt. Solche Verbindungen von Gewölben kommen sehr oft bei Kirchenkuppeln in der Durchkreuzung des Längen- und Querschnittes, oder auch bei großen Treppenräumen ꝛc. vor.

Fig. 816.

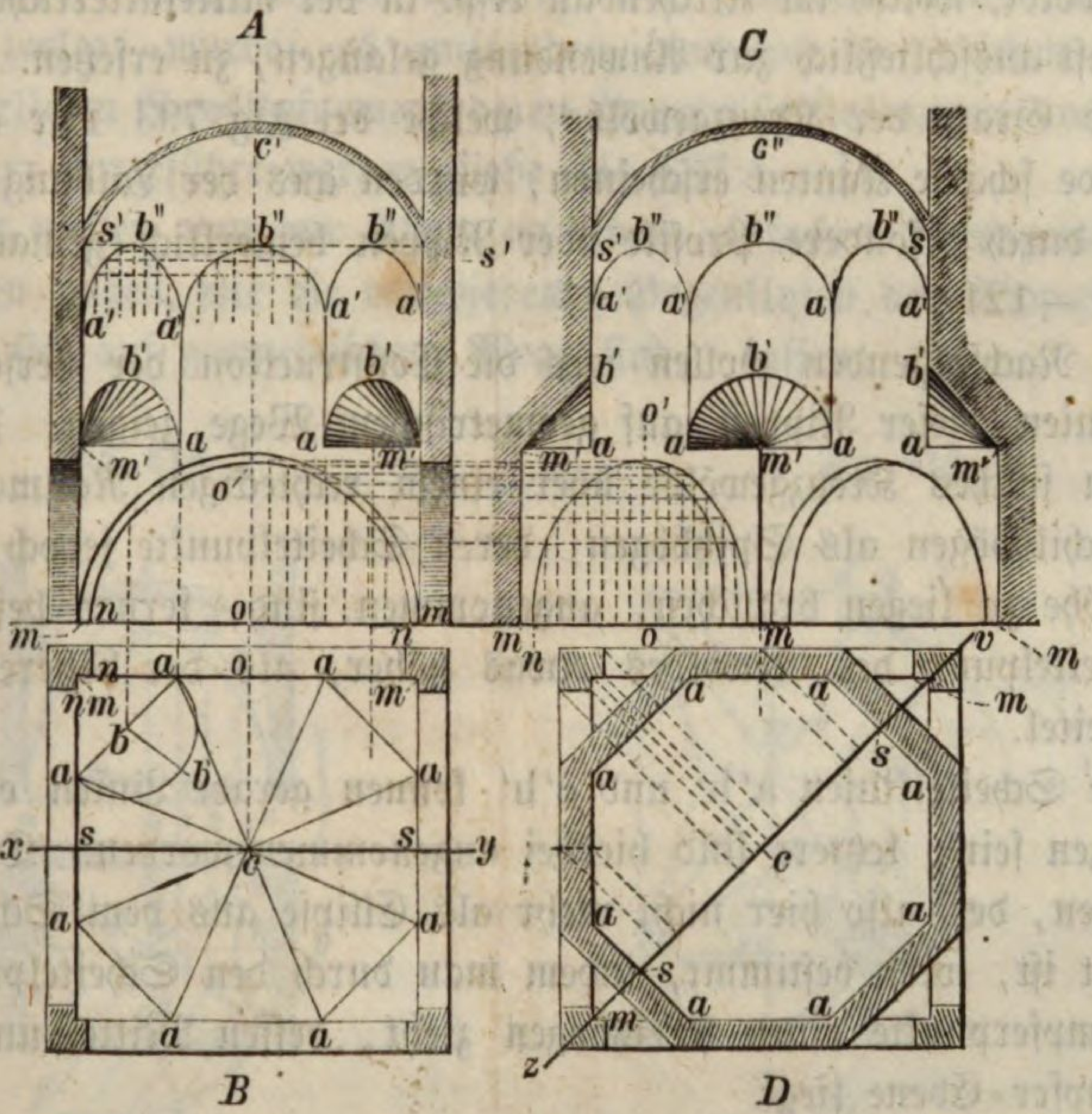


Nicht selten findet man bei diesen Kuppeln den viereckigen Durchkreuzungsraum übergeführt in einen achteckigen Raum, und diesen sodann durch ein Kreuz-Kloster oder Kuppelgewölbe, geschlossen. Figur 816 A – C zeigt ein solches Beispiel. Der Uebergang vom viereckigen in den achteckigen Raum kann auf verschiedene Weise erreicht werden, z. B. ist derselbe in Fig. 816 durch einen Theil eines Cylindergewölbes gebildet, welches entsteht, wenn sich eine gerade Linie parallel zur Diagonale lo, von der Ecke n aus, an den Kreisbogen parallel zum

Schildbogen n m als Leitlinie fortbewegt. Ein Schnitt l o senkrecht zur Achse dieses Cylindergewölbes wird ein Theil einer Ellipse sein, die leicht aus dem Kreisbogen n m abzuleiten wäre.

Der achteckige Raum ist dann nach oben hin durch ein achteckiges, halbkreisförmiges Kuppelgewölbe abgeschlossen. Fig. 817 A—D zeigt den Uebergang vom viereckigen in den achteckigen Raum, gebildet durch vier

Fig. 817.



in den Ecken befindliche nischenförmige Kegelgewölbe. Der achteckige Raum ist hier durch ein Kugelgewölbe, dessen Wölbungslinie einen Halbkreis mit der Diagonale des Achtecks als Durchmesser bildet, geschlossen. Die zusammengehörigen Punkte sind in der Figur mit gleichartigen Buchstaben bezeichnet.

Solche und viele ähnliche Verbindungen von Gewölbeformen findet man bei Kirchen- und anderen großen Gewölben sehr häufig vor; der Uebergang von einem viereckigen in einen achteckigen Raum, wovon wir eben einige Anordnungen näher betrachteten, zeigt sich auch außerdem bei Kirchenthürmen ꝛc. An denselben wird dies meistens durch mehrere aus den Ecken parallel zur Diagonale des Grundquadrates heraus-

gewölbte Stichbogengewölbe, die treppenartig übereinander hervorspringen, bis unter die parallel zur Diagonale gestellte Achtecksmauer, hervorgebracht.

Wie schon im ersten Capitel bei den Kreuzgewölben erwähnt wurde, sucht man die elliptisch gekrümmten Gratbögen, wegen ihrer schwierigen Ausführung, soviel wie möglich zu vermeiden und trachtet man darnach, dieselben durch Spitzbögen und zwar vorzüglich durch die spitzbogigen Kreuzgewölbe, welche im Kirchenbau resp. in der mittelalterlichen Architektur fast ausschließlich zur Anwendung gelangen, zu ersetzen.

Die Grate der Kreuzgewölbe, welche bei Fig. 793 nur als vorspringende scharfe Kanten erscheinen, wurden aus der Laibung heraustretend, durch besondere Profile oder Rippen bemerklich gemacht (siehe Fig. 117—121).

Im Nachfolgenden wollen wir die Construction der verschiedenen Bogenlinien dieser Rippen auf geometrischem Wege zeigen. Fig. 818 zeigt ein solches Kreuzgewölbe über einem rechteckigen Raume, dessen beide Schildbögen als Spitzbögen, deren Scheitelpunkte jedoch nicht in einer Höhe zu liegen brauchen, angenommen sind; ferner befinde sich der Scheitelpunkt des Gewölbes etwas höher, als der höhere Schildbogenscheitel.

Die Scheitellinien a'h' und c'h' können gerade Linien oder auch Kreisbögen sein; letztere sind hierbei angenommen worden. Der halbe Gratbogen, der also hier nicht mehr als Ellipse aus dem Schildbogen abgeleitet ist, wird bestimmt, indem man durch den Scheitelpunkt aus dem Kämpferpunkte einen Kreisbogen zieht, dessen Mittelpunkt g in der Kämpfer-Ebene liegt.

Im Grundriß Fig. 818 ist derselbe umgelegt und wird erhalten, indem man die gegebene Gewölbescheitelhöhe von h nach f trägt, f mit e verbindet, und in dem Halbirungspunkt dieser Verbindungslinie eine Senkrechte errichtet; der Durchschnittspunkt g ist der Mittelpunkt des Gratbogens. In dem eben angeführten Beispiele wurde angenommen, daß die Wand- und Diagonalbögen verschiedene Scheitelhöhen haben, wie solches auch in der Ausführung am häufigsten der Fall sein wird; sollten die Scheitellinien oder Gratrippen hingegen horizontal werden, so ergeben sich, falls die Höhen der Scheitellinien über der Kämpferebene gegeben sind, ebenso wie bei der Herstellung der Rippen ef gezeigt wurde, alle einzelnen Schild- und Diagonalbögen, wenn für jeden die Spannung und die Höhe bekannt ist, und als Bedingung ge-

setzt wird, daß alle Mittelpunkte in der Kämpferebene liegen. Aus den einfachen, nur mit Diagonalrippen versehenen Spitzbogenkreuzgewölben entstand nur zunächst das einfache Sterngewölbe, indem jede der vier Gewölbeflächen durch Mittelrippen, die sogenannten Tiercerons, nochmals in drei Theile abgetheilt wurde. Diese Zertheilung nahm nach und nach immer mehr die Gestalt eines netzförmigen Rippengewölbes an, indem jede durch diese Mittelrippen entstandene Gewölbekappe wieder durch andere Mittel- und Zwischenrippen, sogenannte Lieren, zerlegt wurde; es entstanden hierdurch die reichen, ja oft abenteuerlichen Gewölbeformen, deren Grundrißgestaltungen noch weiter unten kurz vorgeführt werden (siehe Fig. 827 A—D).

Wir wollen nun vor Allem an einem einfachen Sterngewölbe das Verfahren zeigen, wie die verschiedenen Bogenlinien der Rippen, Grate u. s. w. sich auf geometrischem Wege finden lassen.

Fig. 818.

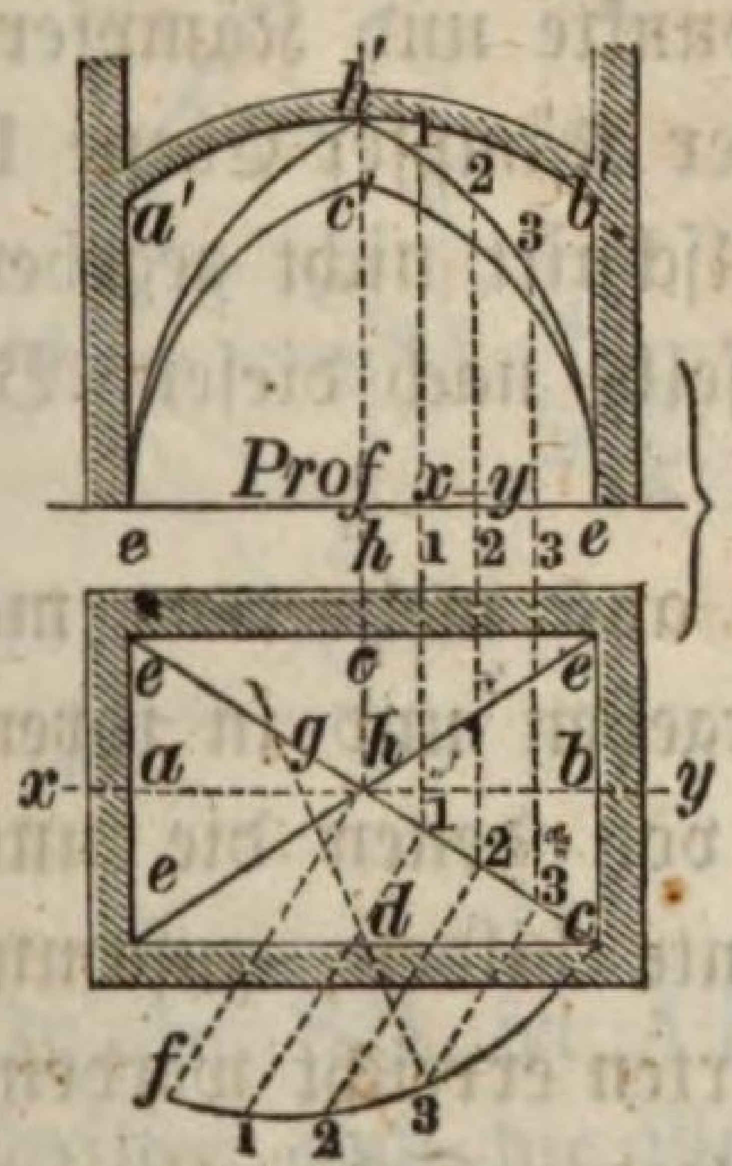


Fig. 819.

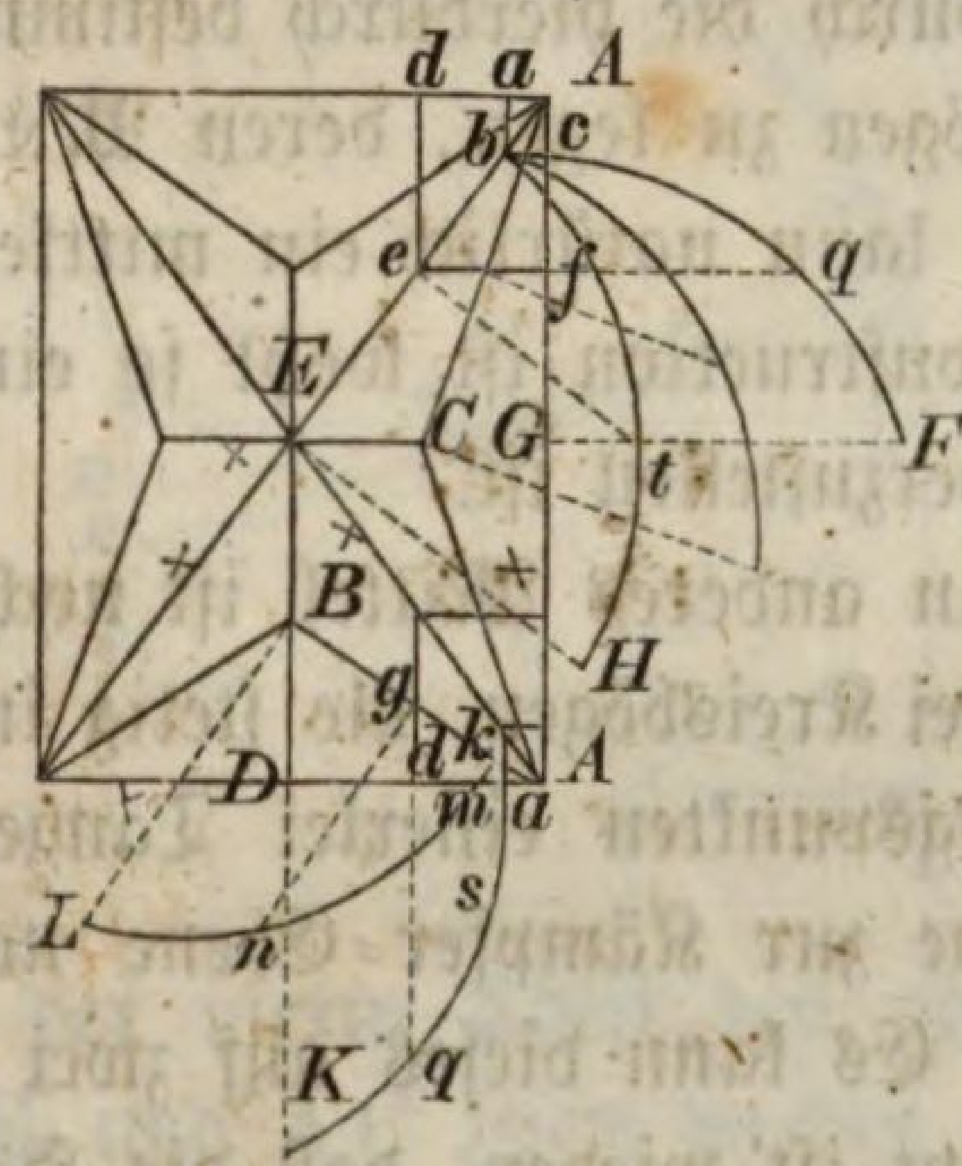


Fig. 819 sei der Grundriß eines einfachen Sterngewölbes, abc der Horizontalschnitt des Pfeilers in der Kämpferebene, cF der Schildbogen über cG und def ein mittlerer Horizontalschnitt in der Höhe fg; ferner seien die Scheitellinien horizontal und sämmtliche Rippen Kreissegmente, d. h. nicht aus 2 oder 3 Bögen zusammengesetzt.

Um nun die Diagonalrippe über AE zu finden, errichte man in e und E Senkrechte und mache et=fg und EH=FG, durch die drei Punkte b, t und H ist nun ein Kreisbogen zu legen, der nach einfacher Construction gefunden wird. Auf diese Weise wird die Mittelrippe über AC construirt und auch die über AB und AD können so

gefunden werden, falls die über AD nicht gestelzt ist. Da dies jedoch hier der Fall ist, so muß auch die Mittelrippe über AB gestelzt werden.

Um vor Allem die Rippe über AD zu finden, ist die Höhe der senkrechten Stelzung as anzunehmen, dann errichte man in d eine Senkrechte und mache dq = fq, ferner DK = FG, und beschreibe durch die drei Punkte s, q und K einen Kreisbogen. Um schließlich die Mittelrippe über AB zu finden, errichte man in k, g und B Perpendikel auf AB und mache km = $\frac{1}{2}$as, gn = fq und BL = FG, und lege nun durch L, n und m einen Kreisbogen.

Bei dieser Construction mittels eines gegebenen mittleren Horizontalschnittes geht nun hervor, daß die Mittel- und Diagonal-Rippen, da ihre Mittelpunkte nicht in die Kämpfer-Ebene fallen, nicht mit einer senkrechten Tangente von den Pfeilern aufsteigen. Da dieses nun für das Auge unangenehm ist, außerdem auch durch den schiefen Druck auf die Pfeiler von Nachtheil sein kann, so hat man noch ein anderes Verfahren, nämlich wenn die Scheitellinien gerade oder krumm gestaltet sind, durch die hierdurch bestimmten Scheitelpunkte und Kämpferpunkte Kreisbögen zu legen, deren Mittelpunkte in der Kämpfer-Ebene liegen; hierbei kann natürlich ein mittlerer Horizontalschnitt nicht gegeben sein. Die Construction ist wohl so einfach, daß dieselbe nach diesem Beispiel leicht herzustellen ist.

Ein anderes Mittel ist noch, die Rippen aus mehreren, meistens aus zwei Kreisbögen, die stetig ineinander übergehen und in ihren Vereinigungspunkten einerlei Tangenten haben, von denen die untersten alle eine zur Kämpfer-Ebene normale Tangente bilden, zusammenzusetzen. Es kann dieses auf zwei verschiedene Arten erreicht werden, vorausgesetzt ist wieder, daß die Höhe und Gestalt der Scheitellinien oder Gratrippen bekannt sind, sie sollen z. B. wie im vorhergehenden Gewölbe, horizontal sein. In der ersten Bestimmungsweise ist angenommen, daß alle Rippen des Gewölbes bis zu einer gewissen, aber bei allen Rippen gleichen Höhe, mit einerlei Krümmungshalbmesser beschrieben sind und von dieser Höhe an sodann aus einem zweiten Bogen bestehen, der eben der gegebenen Höhe nnd Spannung entspricht, die zweiten Bögen werden natürlich alle verschiedene Halbmesser erhalten müssen.

Fig. 820 zeigt dieses Verfahren; ABCD stellt ein Viertel des gegebenen Grundrisses dar, und die Scheitellinien, wie schon angegeben, sind horizontal. Man drehe die Rippen AE, AD und AC in die

Ebene der Rippen AB, errichte die Senkrechte in B, e, c und d, von der Höhe der gegebenen Scheitellinien, nehme nun den Mittelpunkt F in der Kämpfer-Ebene für die bis G reichende Krümmung aller Rippen beliebig an, und verlängere die Gerade GF nach rückwärts. Auf dieser Linie liegen dann die Mittelpunkte K, L, H ꝛc. der zweiten Bögen. Letztere werden ganz einfach gefunden, z. B. für die Rippe AB, wenn c′ mit G verbunden, hierauf im Halbirungspunkte eine Senkrechte errichtet wird, welche die verlängerte FG in H schneidet.

In dem zweiten Verfahren, in welchem wiederum die Scheitellinien horizontal angenommen werden, sollen die oberen Bögen der Rippen ebenfalls wie die unteren gleiche Krümmungshalbmesser nachweisen, wobei natürlich die Uebergangspunkte je zweier Bögen ineinander nicht mehr in einer und derselben Höhe sich befinden können.

Fig. 820.

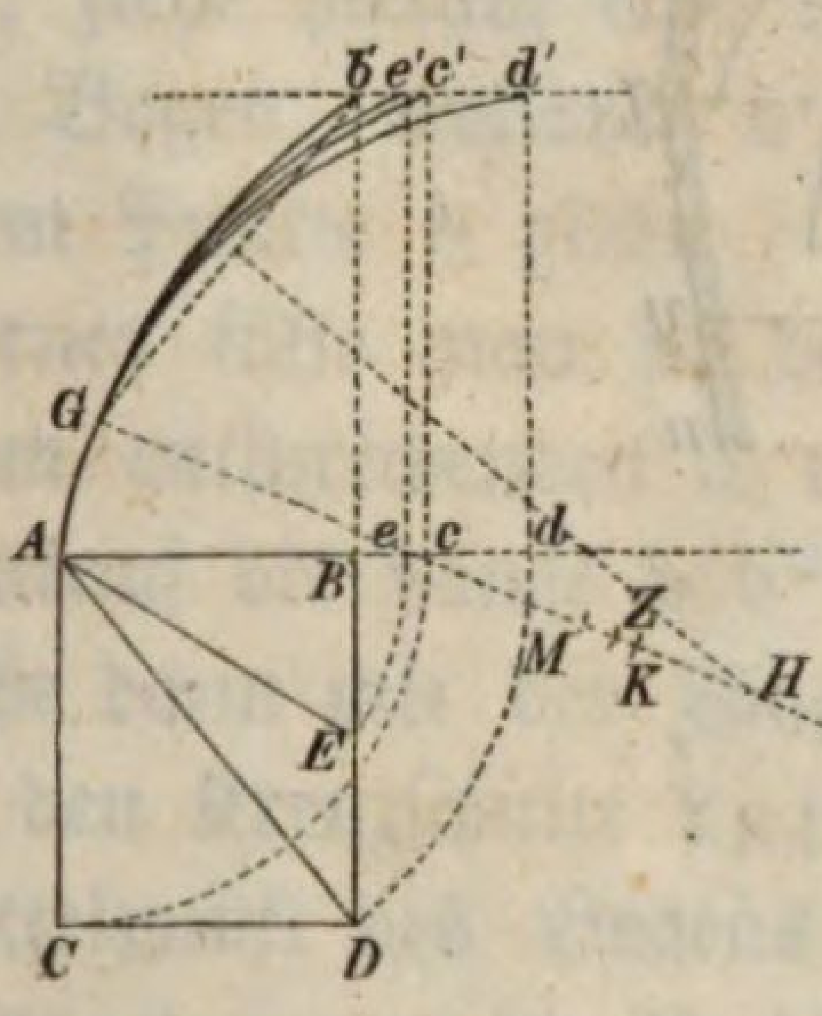
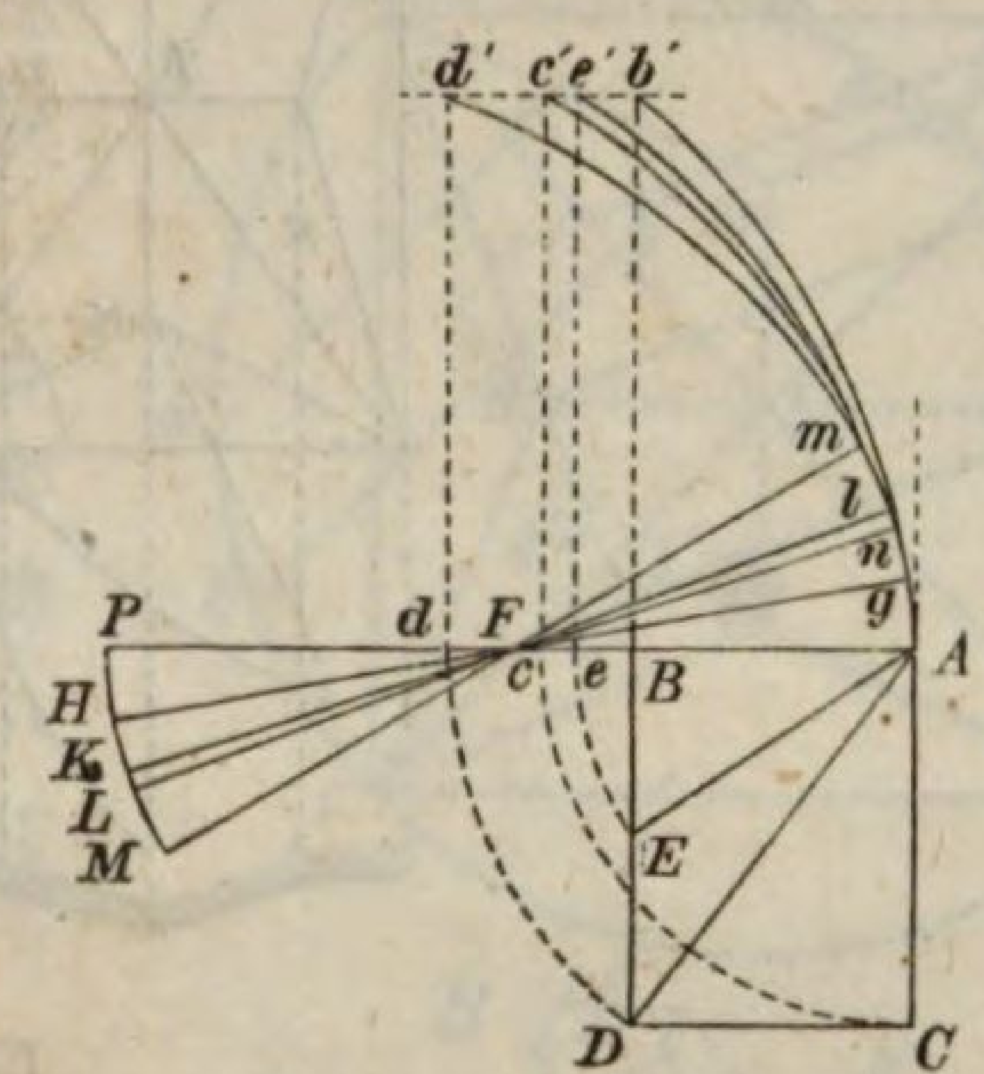


Fig. 821.



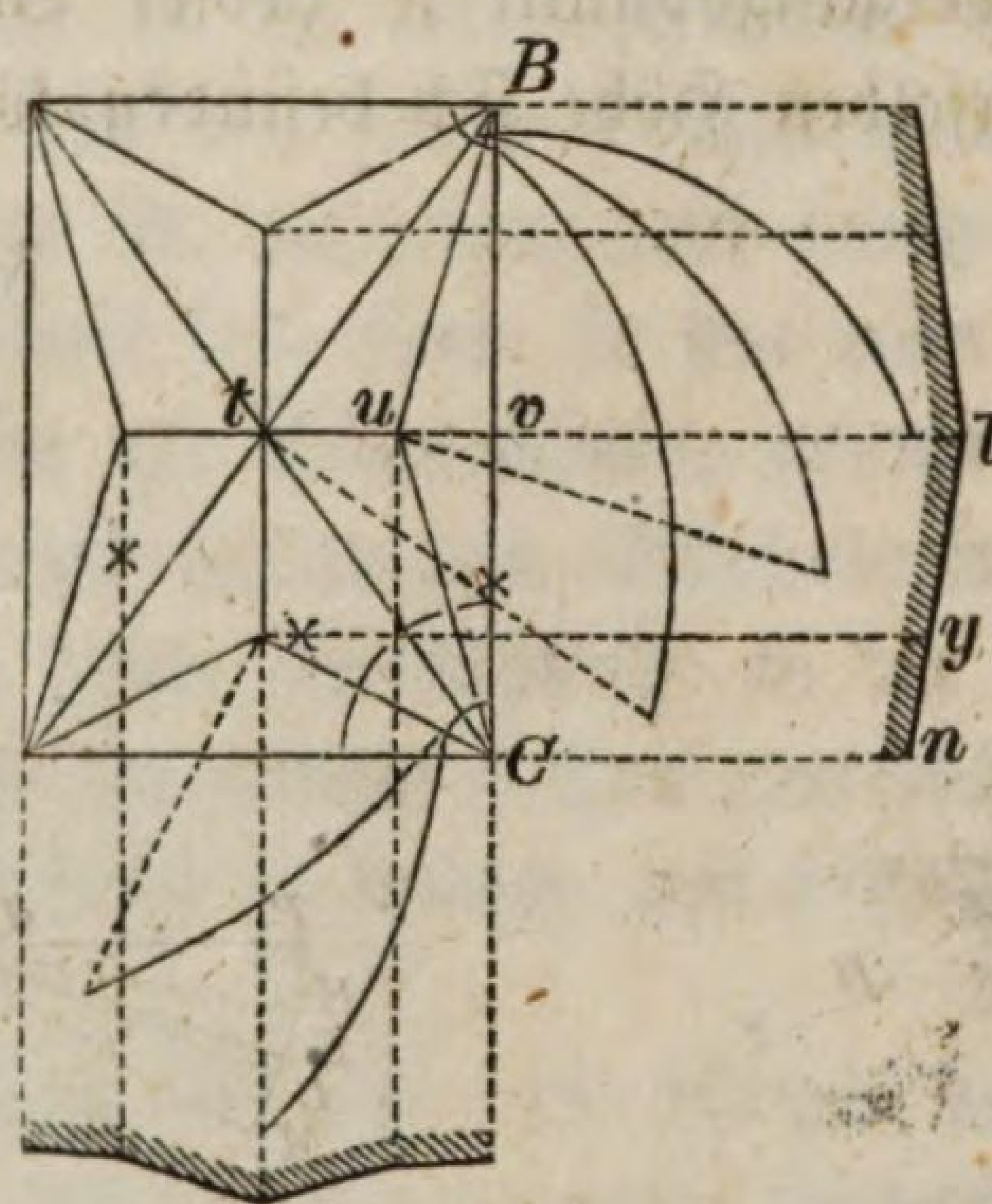
In Fig. 821 sei ABDC wieder der vierte Theil des gegebenen Grundrisses und die Linien AD, AE und AC seien wieder gedreht wie vorhin, und auch in den Punkten B, e, c und d die Senkrechten bis zur gegebenen Scheitellinienhöhe gezogen; ferner sei F der angenommene Mittelpunkt für die unteren Bögen der Rippen, und endlich der gemeinschaftliche Halbmesser aller oberen Bögen gleich AP angenommen.

Mit dem Unterschiede FP der beiden Krümmungshalbmesser AP und AF beschreibe man den Kreisbogen PM, in welchem die Mittelpunkte der oberen Bögen liegen. Sie werden erhalten, wenn man mit dem Halbmesser AP, von den Punkten b′ c′ e′ und d′ aus, den Kreisbogen PM kreuzt. Zieht man nun die Verbindungslinien FH, FK, FL und FM und verlängert dieselben, so findet man in dem Durch-

schnittspunkte dieser mit der aus F beschriebenen unteren Wölbungslinie die respectiven Uebergangspunkte der zwei Bögen. Jede derselben kann nun aus den Mittelpunkten H, K, L und M beschrieben werden.

In den drei bis jetzt betrachteten Constructionsmethoden der Rippen eines Sterngewölbes (Fig. 819, 820 und 821) wurden die Scheitellinien horizontal angenommen; dieses ist jedoch in der Ausführung selten der Fall, sondern meistens liegen die Scheitel der einzelnen Rippen in verschiedenen Höhen und sind die Scheitellinien alsdann entweder gerade oder krummlinig. Fig. 822 sei nun ein Beispiel, in welchem die Höhen der einzelnen Scheitelpunkte und die Scheitellinien

Fig. 822.



als geradlinig gegeben sind, und die ganze Constructionsweise nach Fig. 821, vermittels eines gegebenen mittleren Horizontalschnittes ausgeführt wird. Was die Annahme der Scheitelpunkte betrifft, so ist durchaus nicht bedingt, daß etwa die der größeren und kleineren Stirnrippen bei rechteckigen Räumen gleiche Höhe haben müssen, oder daß bei einer Scheitellinie nl die drei Punkte ny und l in einer Geraden oder einem Kreisbogen zu liegen brauchen, es ist diese Scheitellinie im Gegentheil beinahe immer gebrochen, indem nur über tn eine Gratrippe vorhanden ist, in no jedoch nur ein vertiefter Grat der Gewölbekappen C und B entsteht. Die Herstellung der einzelnen Bögen geschieht nun vollkommen nach Fig. 818, mit dem Unterschiede nur, daß nun nicht mehr die gleiche Höhe der einzelnen Bogen durchgeht, sondern für jeden einzelnen eben die gegebene Höhe einzusetzen ist. Man sieht zugleich aus dieser Figur, wie man die Form eines solchen Ge-

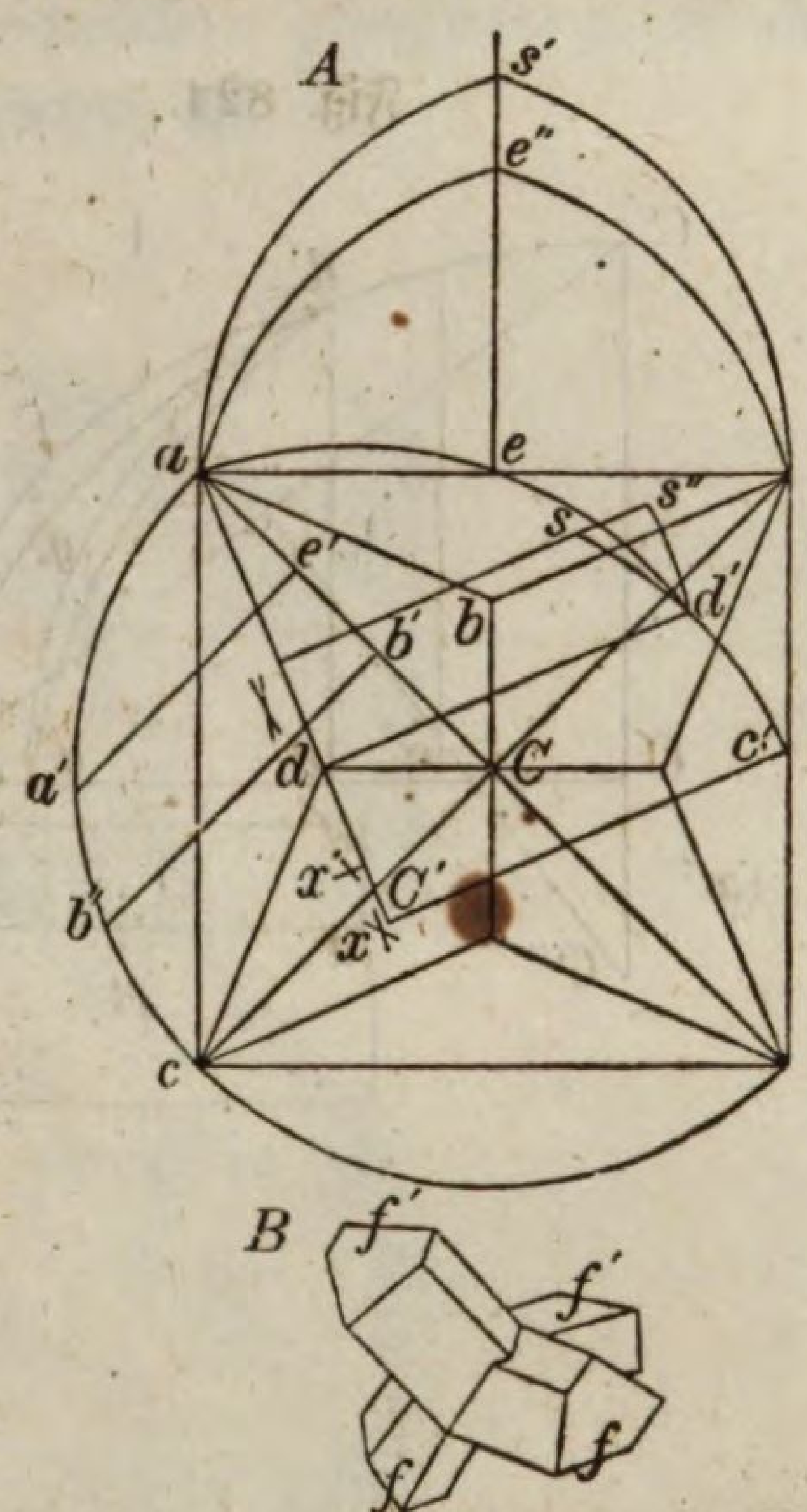
wölbes vollkommen durch Annahme des mittleren Verticalschnittes in seiner Hand hat.

Im Nachfolgenden sind noch zwei verschiedene Systeme zur Bestimmung der Bögen eines Sterngewölbes gegeben, wie sie uns Ungewitter, „goth. Constructionen" lehrt.

Beide Systeme haben nämlich gemeinschaftlich, daß die sämmtlichen Bögen nach einem Radius gezeichnet sind, jedoch ist die Feststellung der Radien bei beiden verschiedenartig.

Es sei Fig. 823 der Grundriß eines einfachen Sterngewölbes.

Fig. 823.



Man ziehe über aC (halbe Diagonale) einen Viertelkreis, trage den Abstand des Punktes b von der Mitte auf der Grundlinie des Diagonalbogens C nach C', ziehe hierauf eine Senkrechte bis an den Bogen, wodurch b'b" die Höhe über dem Punkte b giebt.

Ferner fälle man in dem Punkte b oder dem entsprechenden d ein Loth und trage darauf die Länge b'b" von d nach d', mache dann mit der Länge aC aus a und d' den Kreuzschnitt x, so ist letzterer der Mittelpunkt des Bogens über ad.

Trage dann an die Verlängerung von ad die Länge dC von d nach C' ab, errichte in C' einen Lothriß auf aC' und mache C'c' gleich Cc, ziehe sodann mit derselben Zirkelöffnung aus d' und c' den Kreuzschnitt x', so ist letzterer der Mittelpunct des Bogens, über dC.

Soll nun der Schildbogen nach demselben Princip construirt werden, so würde die Länge Ce von C nach e' zu tragen sein, in e' ein Loth auf aC errichtet werden und die Länge e'a" die des Schildbogens abgeben, der sodann in derselben Weise wie die übrigen Bögen, construirt, die im Bogen ae‴ gezeigte Gestaltung erhält.

Soll nun die Scheitelrippe dC sich bis zum Scheitel des Schildbogens fortsetzen, so wird dieselbe, immer auf dieselbe Weise construirt, die Gestaltung von sd erhalten.

Da jedoch die geringe Höhe des Schildbogens nicht empfehlens-

werth ist, so dürfte anzurathen sein, mit der halben Diagonale als Radius, aus einem in der Grundlinie zu suchenden Punkt, Spitzbögen zu construiren, so daß der Schildbogen über ae die Form des Bogens as' erhält.

Das zweite System beruht darauf, daß nicht das über der Diagonale geschlagene Quadrat als der erzeugende, als der Principalbogen, angenommen ist, sondern daß man die Grundlinie desselben durch ein Aneinandersetzen der Grundlinien der verschiedenen Bögen be, ea und aC bildet, wie in Fig. 824 A und B geschehen ist, dann in C ein Loth

Fig. 824.

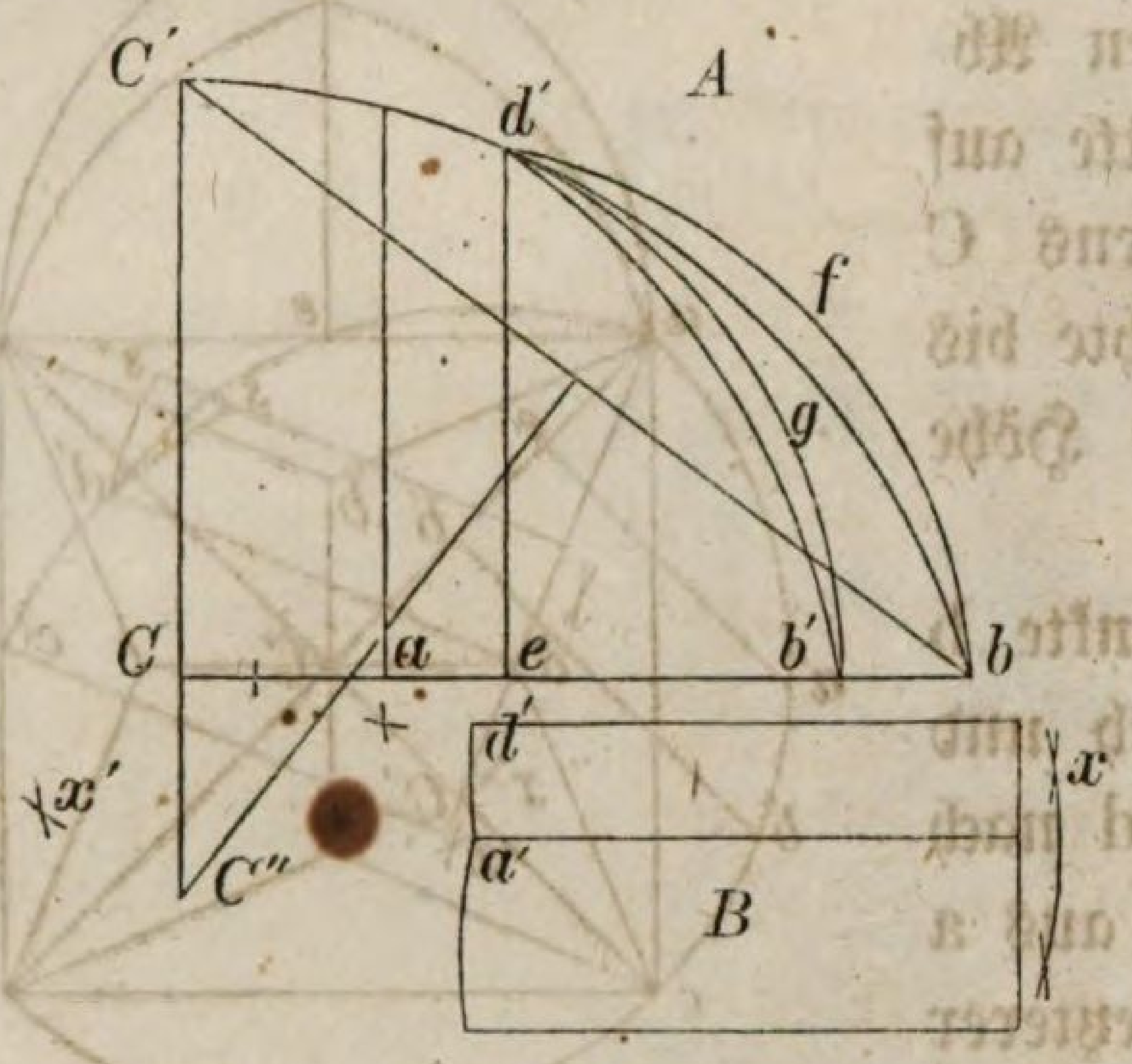
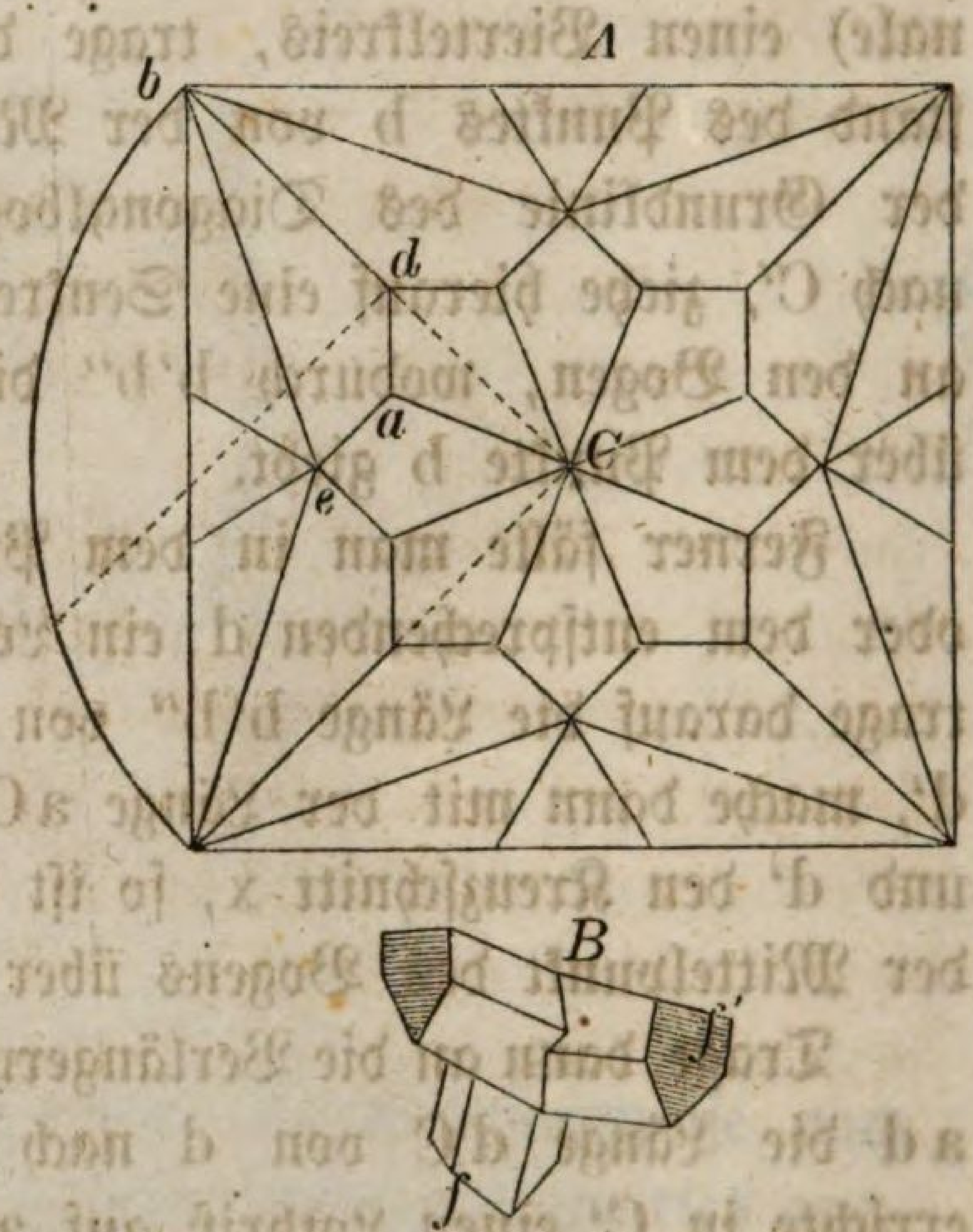


Fig 825.



fällt und dasselbe gleich der beabsichtigten Scheitelhöhe macht. Wir nehmen letztere, um die sich ergebenden Bögen leichter mit den an dem andern Verfahren gefundenen zu vergleichen, der in Fig. 832 A angenommenen halben Länge der Diagonale gleich an. Man ziehe dann die Linie bC'; halbire dieselbe und mache in dem Halbirungspunkt ein Lothriß, der nach unten verlängert in seinem Durchschnitt C'' mit der Verlängerung C'C den Mittelpunkt des Principalbogens abgiebt, welcher nunmehr geschlagen alle einzelnen Bogentheile be, ac ꝛc. in sich faßt. Um den Bogen db zu finden, trage man dann in Fig. 825 A db von e nach b' in Fig. 824 A, und mache aus d' und b', mit der Länge C'C'', einen Kreisschnitt x', aus welchem der gesuchte Bogen zu schlagen ist.

Die Fig. 825 B zeigt in der perspectivischen Ansicht die Gestaltung des die Durchkreuzung a in Fig. 825 A bewirkenden Werkstücks, wonach nicht allein die größere Divergenz der in den Rippen ad und ae Fig. 825 A gelegenen Fugen zur Sicherung der Lage beiträgt, sondern die in der Rippe aC gelegene Fuge f' (Fig. 825 B) zu demselben Zwecke mitwirkt. Der einzige Unterschied in der Gestaltung der Rippen liegt darin, daß ihre Bogen nach dem letzten Verfahren um etwas flacher werden, wie der Vergleich der Bögen bd' und b'd' mit den daran geschlagenen bfd' und b'gd' zeigt. Die Gestaltung der Gurtbögen kann dann ganz unabhängig von der des Gewölbes geschehen, z. B. in ähnlicher Weise wie bei Fig. 823 schon erörtert ist.

Fig. 826.

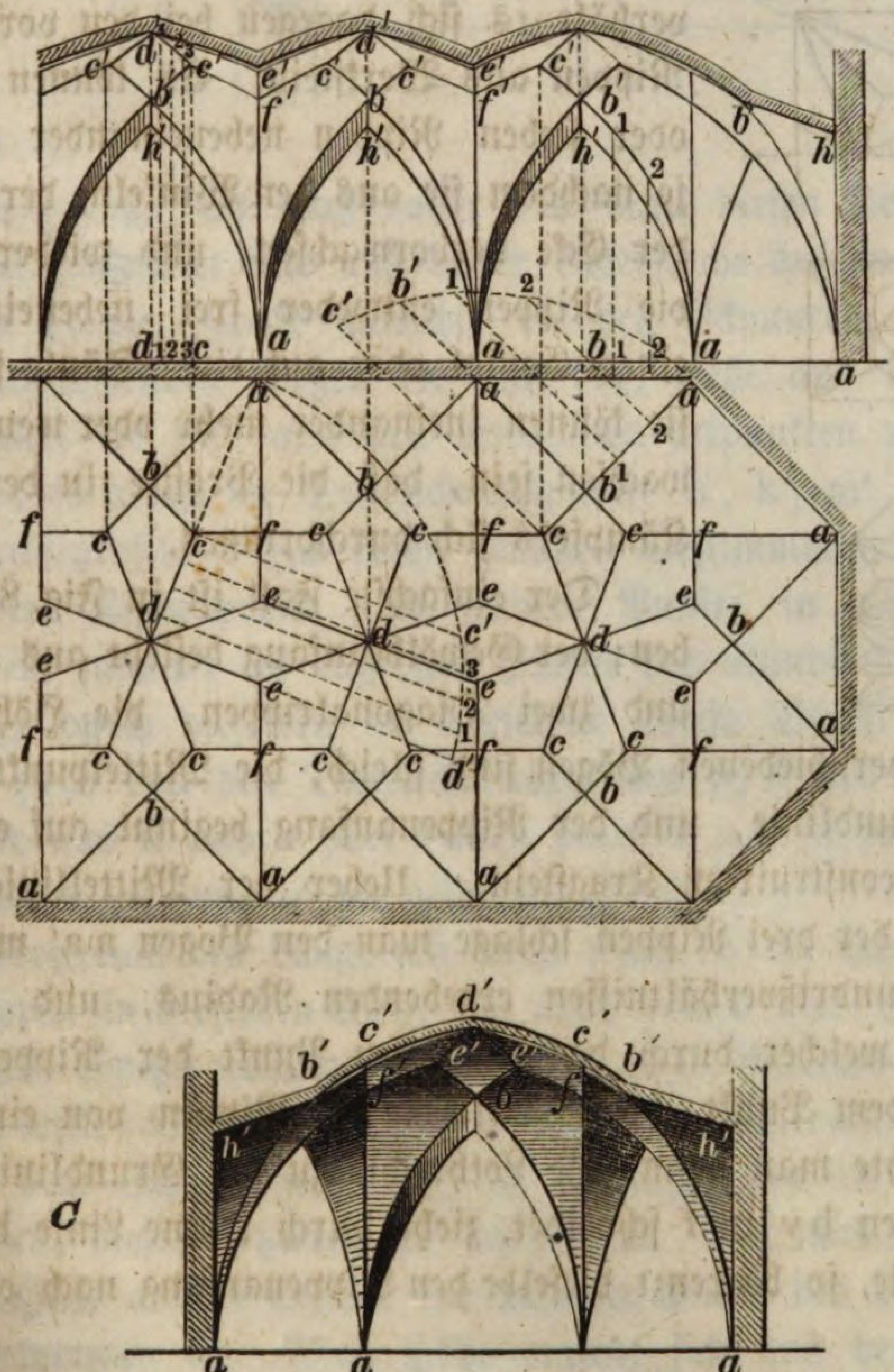


Fig. 826 A—C zeigt einen Kirchenchor, bei welchem ein Spitzbogen über der Diagonale zu Grunde gelegt ist. Durch die angegebenen Buchstaben wird die Austragung der einzelnen Linien ohne weitere Erklärung verständlich sein.

Verschiedene anderweitige Anordnungen von Sterngewölben sind in der Horizontalprojection in Fig. 827 A—D gezeigt.

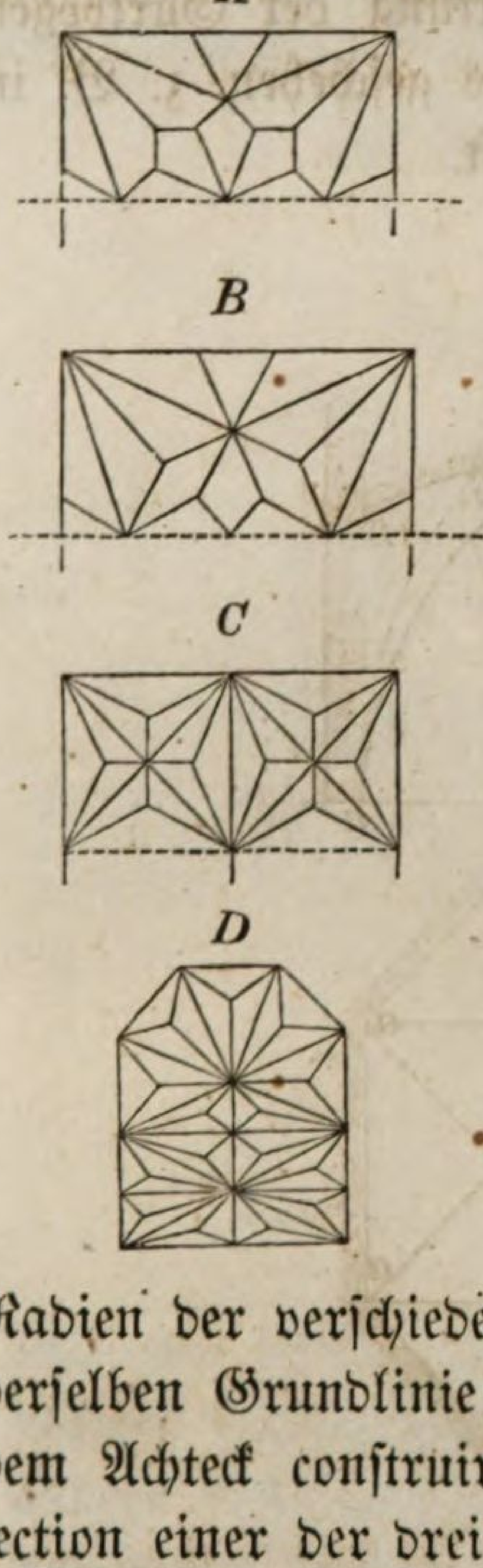
Fig. 827

A

B

C

D



Nachdem von dem Rippensystem der Kreuzgewölbe die Rede gewesen ist, möge noch Einiges über die graphische Construction der **Anfänge der Rippen** mitgetheilt werden.

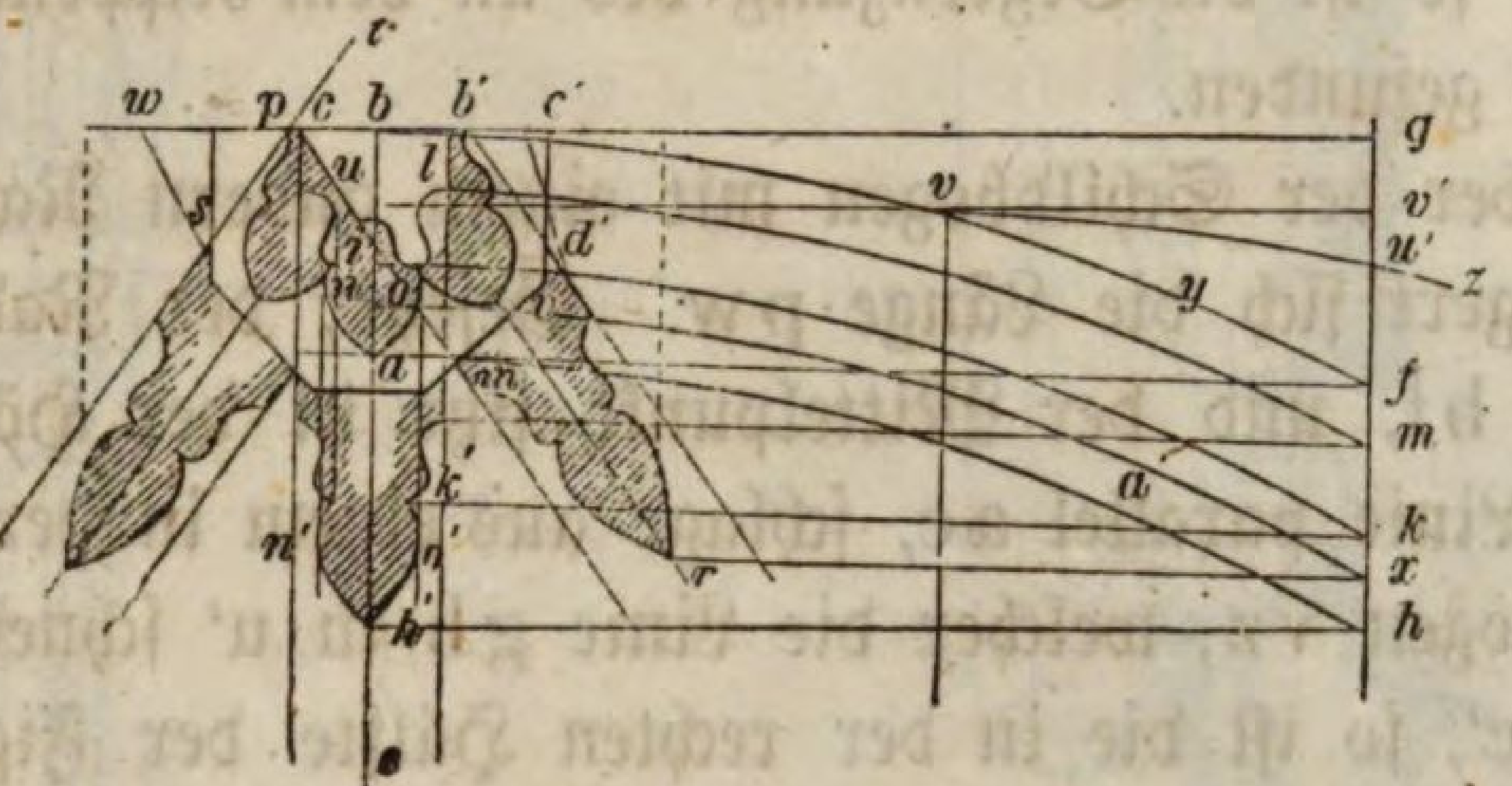
Die Anfänge der Gewölbe, deren Grate nur aus Backstein gebildet sind, verursachen wenig Schwierigkeit in der Herstellung, anders verhält es sich dagegen bei den vorspringenden Rippen aus Werkstein. Es können drei, fünf oder sieben Rippen nebeneinander vorkommen, je nachdem sie aus den Winkeln, der Wand oder der Ecke hervorwachsen, und wiederum können die Rippen entweder frei nebeneinander auf einem Consol oder auf einer Säule stehen, oder sie können ineinander mehr oder weniger so verwachsen sein, daß die Profile in der Nähe des Kämpfers sich durchdringen.

Der einfachste Fall ist in Fig. 828*) gegeben; der Gewölbeanfang besteht aus einer Gurt- und zwei Diagonalrippen, die Höhe und die Radien der verschiedenen Bögen sind gleich, die Mittelpunkte liegen in derselben Grundlinie, und der Rippenanfang beginnt auf einem, aus dem Achteck construirten Kragstein. Ueber der Mittellinie der Projection einer der drei Rippen schlage man den Bogen a a' mit dem sich aus den Grundrißverhältnissen ergebenden Radius, und ebenso den Bogen b y, welcher durch den äußersten Punkt der Rippe c erzeugt wird. Aus dem Punkt d, in welchem die Rippen von einander frei werden, errichte man dann eine Lothrechte zu der Grundlinie a e, welcher den Bogen b y in f schneidet, ziehe durch f eine Linie h g parallel der Grundlinie, so begrenzt dieselbe den Rippenanfang nach oben, indem

*) Ungewitter, goth. Constructionen.

sie die Fuge für die darauf zu setzenden Rippenstücke ergiebt und zugleich die Ausladung des Werkstückes von der Wandflucht anzeigt. Da nun die übrigen Rippen mit demselben Radius geschlagen sind und in demselben Punkt d von der Gurtrippe frei werden, so bilden ihre Anfänge auch dieselben Bögen, werden also durch ah und fb dargestellt; die obere Lagerfläche gh durchschneidet demnach die Bögen in schiefwinkliger Richtung.

Fig. 828.



Es muß daher das durch diesen Schnitt sich bildende Profil construirt und auf dieser Lagerfläche aufgetragen werden. Schlage zu diesem Zwecke zunächst die den Eckpunkten des Rippenprofiles entsprechenden Bögen ik und lm, ziehe aus h, k und m Linien parallel af und aus den erwähnten Eckpunkten wieder Linien parallel ae, so geben die Durchschnittspunkte h', k', m' die Eckpunkte des Horizontalprofiles. Zu einer genauen Bestimmung derselben sind dann in dem Rippenprofil noch andere Punkte in derselben Weise zu bestimmen, zunächst die äußersten Punkte des Rundstabes no.

Schlage durch dieselben in derselben Weise Bögen bis auf die Linie gh, ziehe von den Durchschnittspunkten h, k und x Senkrechte auf ae, und aus n und o zwei Linien parallel ae, so sind die Durchschnittspunkte k', n' und o' die gesuchten Punkte.

Die Projection der Länge ah trage dann in die Projectionen der übrigen Rippen in derselben Weise an, etwa von v nach r, und in dem Punkt r als Spitze construire das für die Gurtrippen gefundene Horizontalprofil. Von dem Punkt s aus setzt sich dann die Kappenflucht nach dem Schildbogen, und es ist daher der in der Höhe af liegende Punkt dieses letzteren zu bestimmen. Der Schildbogen fängt erst in der Höhe an, in welcher der äußerste Punkt des Rippenprofiles t nach p gekommen ist. Diese Höhe ergiebt sich aus dem Bogen bf in folgender Weise:

Trage tp von b nach u auf der Grundlinie be ab, und mache in u einen Lothriß, welcher den Bogen bf in v schneidet, so liegt der Anfangspunkt des Schildbogens in der Höhe des Punktes v über der Grundlinie. Soll nun der Schildbogen mit dem Radius der übrigen Bögen, an welche die Kappen anschließen, also des Bogens bf geschlagen sein, so ergiebt die Länge v'f die Weite, um welche er in der Höhe af vorgerückt ist. Trage dieselbe daher von p nach w und ziehe die Linie sw, so ist die Begrenzung des an dem Rippenanfang sitzenden Kappenstückes gefunden.

Wenn aber der Schildbogen mit einem andern Radius geschlagen ist, so verlängert sich die Länge pw. Gesetzt, der Radius sei kleiner als der von bf, und der Mittelpunkt sitzt in der Höhe v, so ziehe durch v eine Linie parallel ae, schlage aus einem in derselben gelegenen Punkt den Bogen vz, welcher die Linie gh in u' schneidet, trage u'v' von b' nach c', so ist die in der rechten Hälfte der Figur angetragene Linie c'd' die Begrenzungslinie der Kappen. Die Ausladung der Diagonalrippen bestimmt zugleich, wie die punktirten Linien andeuten, die Breite des Werkstückes; diese Breite behält ebenfalls der in die Mauer eingemauerte Werksteinblock.

Die zusammengedrängten Rippenanfänge sind, so weit die Werkstücke in die Mauer einbinden, als Auskragungen der Mauer zu betrachten, aus welchem Grunde auch in der That Kragsteine, anstatt der Dienste 2c. angeordnet werden. In Fig. 829 A und B ist dieser Fall dargestellt und zwar sei hier angenommen, daß der Rippenanfang aus zwei Werkstücken abcd und abef bestehe.

Der untere Werkstein kann nun fortbleiben und lediglich durch eine Console bei abg ersetzt werden. Das Profil über ab ist in dem Grundrisse schraffirt angegeben. Es würde mithin der Gewölbeanfang erst bei der Linie ab beginnen, wobei jedoch die ursprünglich angenommene Halbkreis- oder Spitzbogenlinie unvollständig erscheint und für das Auge nicht ansprechend sein wird.

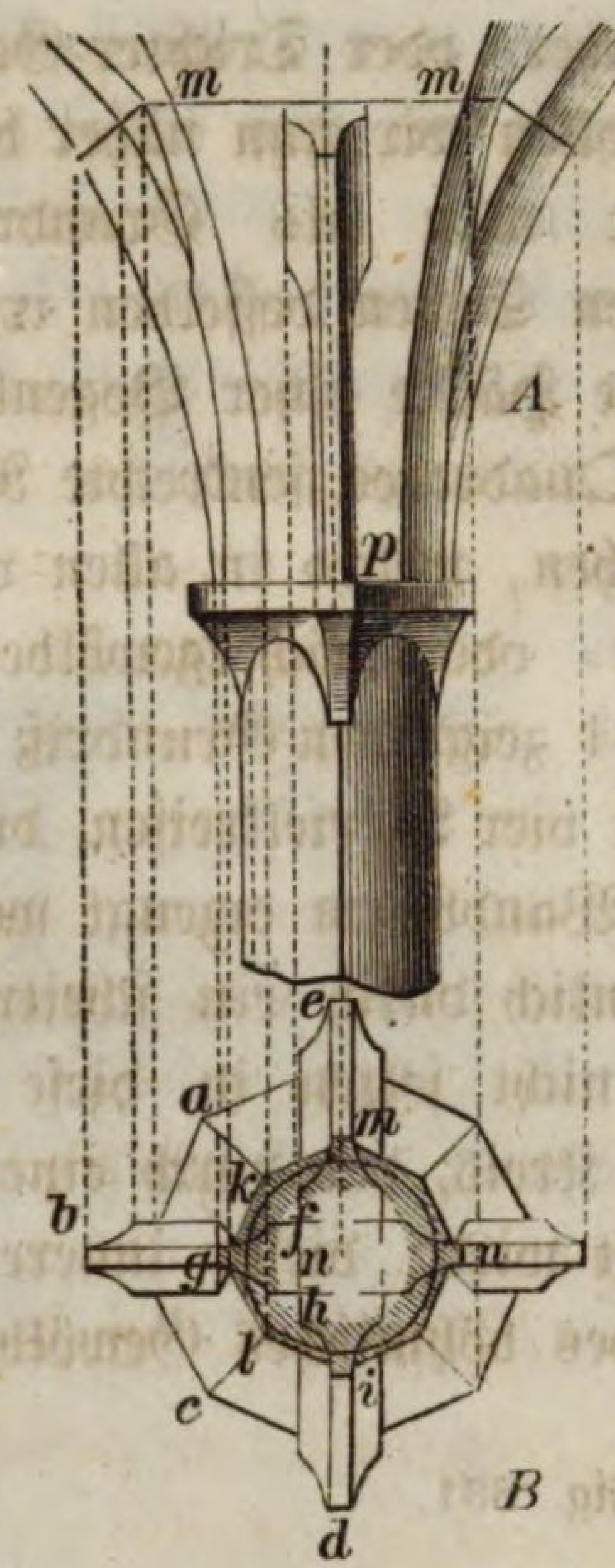
Die Rippenanfänge können ebenso wie mit den Wänden, auch mit den Pfeilern in Verbindung stehen, und zwar entweder stehen die Rippen der Gurt- und Diagonalbögen direct auf den Pfeilern, oder sie sind mit letzteren verwachsen.

Ein Beispiel von letzterer Anordnung ist in Fig. 830 A und B gegeben. Es seien hier nur die Gurtbögen profilirt, während die Gurt- und Diagonalbögen eine scharfe Kante haben.

Fig. 829.



Fig. 830.



Um das Herauswachsen der Rippen aus dem Pfeiler zu ermöglichen, ist es nothwendig, daß die Seitenwerkstücke, welche an den Kappenflächen sich fortsetzen, in einer von der Bogenlinie der Rippen abweichenden Linie sich erheben, bis zu der Höhe, in welcher die Rippengewölbe völlig frei geworden sind.*)

Ist nun a b c d e die Horizontalprojection des oberen Lagers des im Aufriß dargestellten Rippenumfanges, so entspricht der untere auf dem Kapitel liegende Grundriß nicht der durch die Punkte f g h c, sondern der durch k g l i begrenzten Figur. Es wird also diese letztere dadurch erreicht, daß die Diagonalbögen mitsammt der Kappenflucht in den Punkten m m einen Knick bilden.

Indessen könnte der Diagonalbogen immerhin nach einer reinen Bogenlinie gebildet sein, und nur der Bogen, welchen man sich durch die Punkte n geschlagen denken kann, jenen Knick erhalten. Bei der obigen Haupteintheilung der Gewölbe, wurden in dem zweiten Capitel,

*) Ungewitter, goth. Constructionen.

bei den nach Projectionsflächen gebildeten Gewölbeformen, die sogenannten Fächer- oder Trichter-Gewölbeformen erwähnt; die Entstehung derselben wollen wir nun näher betrachten.

Nimmt man als Grundriß eines Gewölbes ein Quadrat, und über den Seiten desselben irgend eine Bogenlinie an, und es bewege sich die Hälfte einer Bogenlinie um eine im entsprechenden Eckpunkte des Quadrates senkrechte Rotationsachse, so wird eine Rotationsfläche entstehen, welche in allen vier Ecken angebracht, die Grundform des Trichter- oder Fächergewölbes bildet.

Fig. 831 zeigt den Grundriß eines derartigen Fächergewölbes. Der zwischen den vier Viertelkreisen, die bei der Rotation durch die Scheitelpunkte der Wandbögen erzeugt werden, liegende offene Raum c d c d wird gewöhnlich durch ein scheitrechtes Gewölbe geschlossen; man legt aber auch nicht selten in diese Ebene einen jene vier Viertelkreise tangirenden Kreis, der durch eine aus der Laibung hervortretende Rippe ausgezeichnet wird; dieser innere Raum läßt sich dann noch durch ein kleines flaches böhmisches Gewölbe abdecken.

Fig. 831.

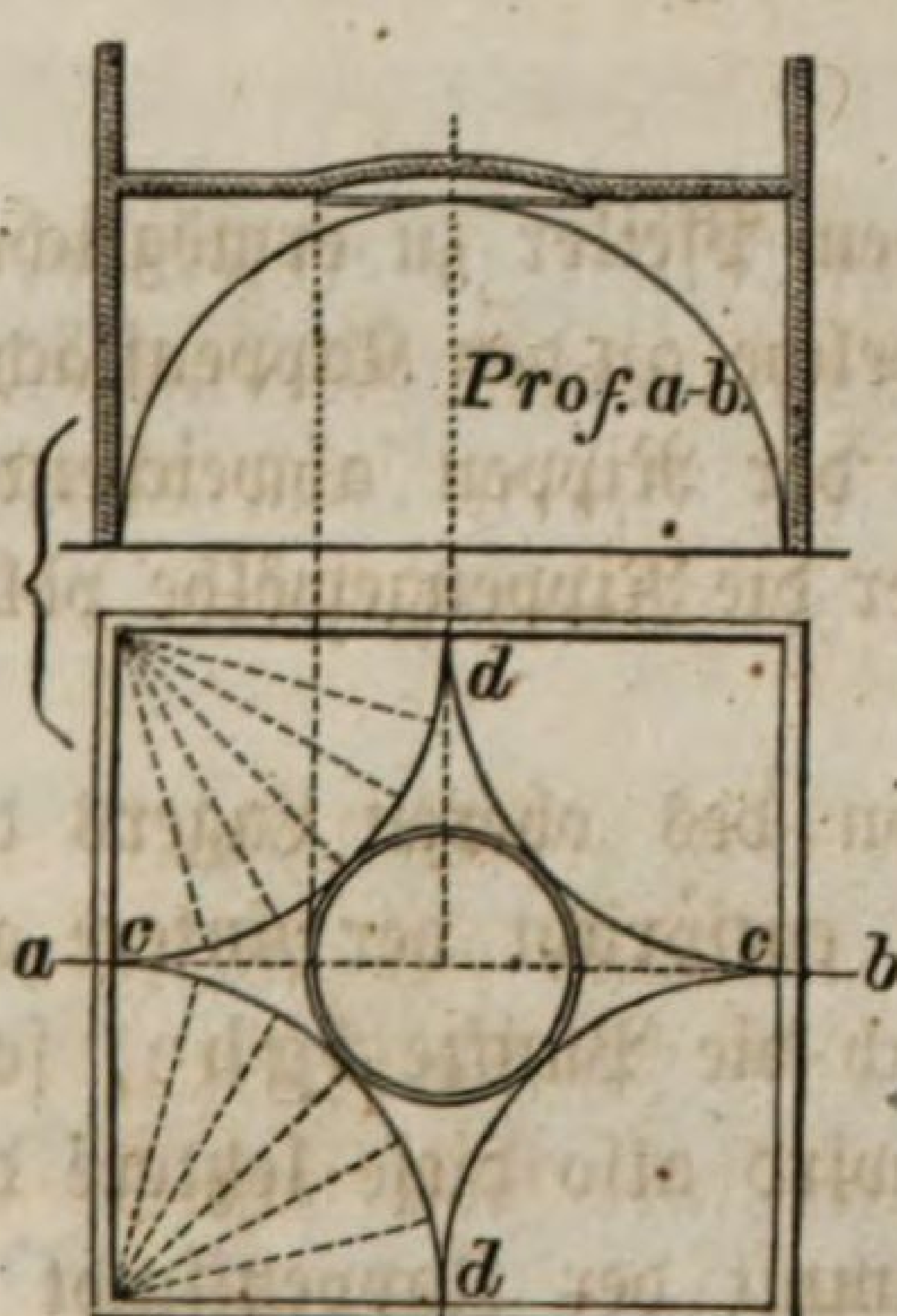


Fig. 832.

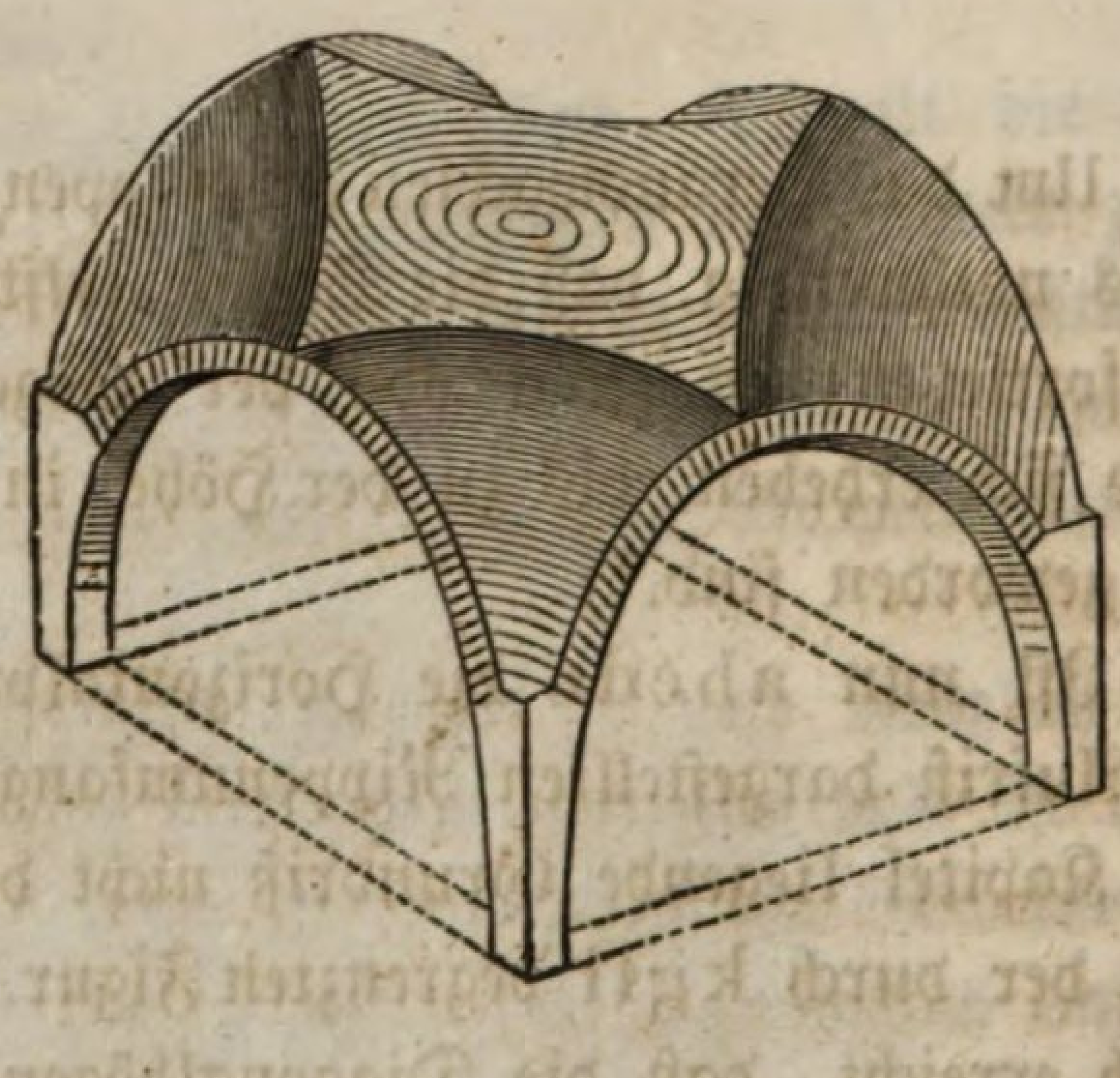
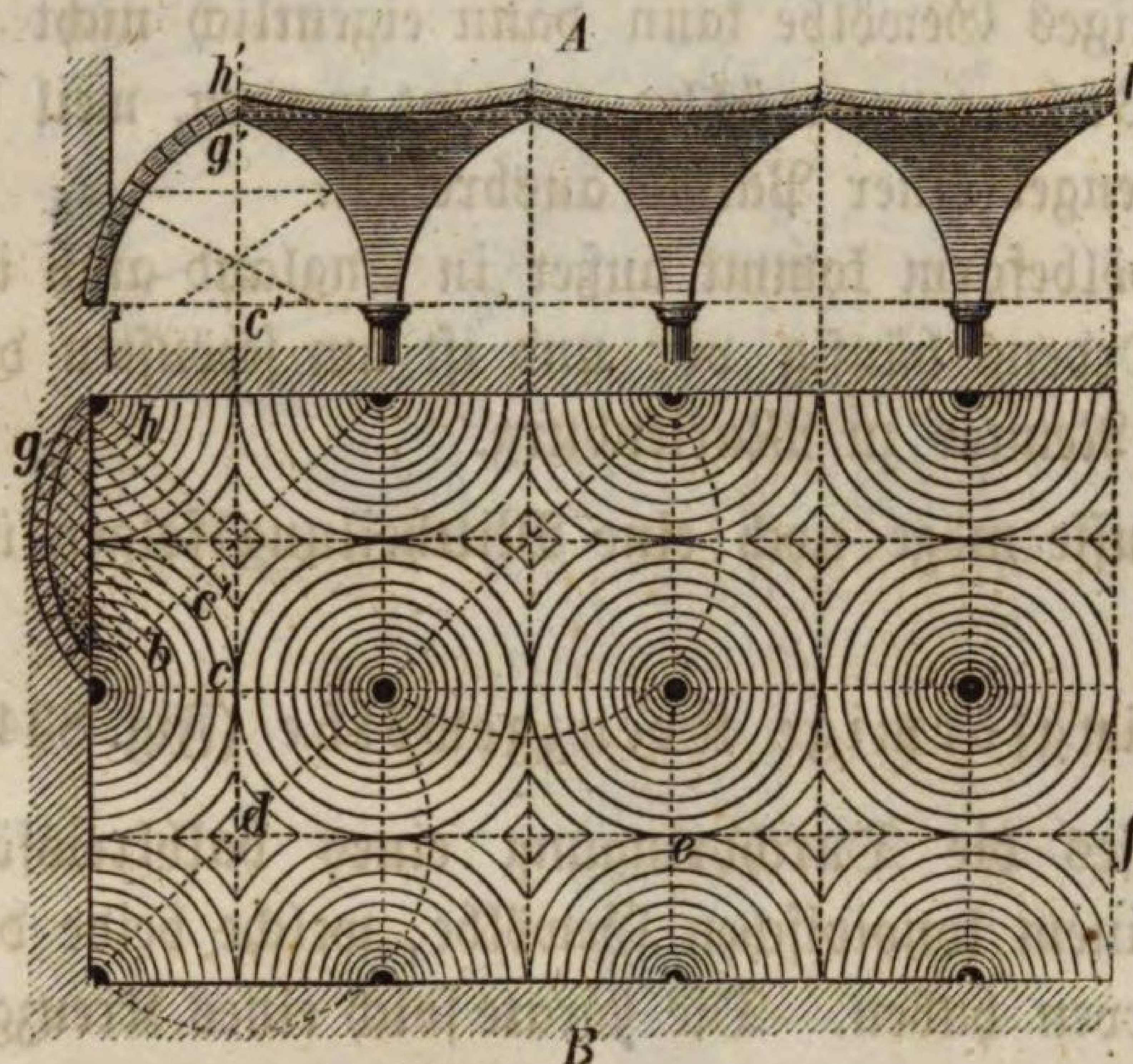


Fig. 832 zeigt die äußerliche Form eines solchen Fächergewölbes, außerdem ist die Wölbungsart ebenfalls deutlich zu erkennen.

Eine andere Weise das Gewölbe zu schließen veranschaulicht Fig. 833 A und B. Es wird hierbei über die Diagonale ab ein Kreis zu Grunde gelegt; bei dieser Annahme erhalten die Gewölbelinien über den Quadratseiten die Form eines Spitzbogens, dessen Schenkel aus

Kreissegmenten bestehen, die sich ergeben, wenn man die halbe Quadratseite bc auf die Diagonale nach bc′ bringt und die Senkrechte c′g′ zieht, worauf bg als gesuchter Spitzbogenschenkel erhalten wird, wie ihn die Schnittlinie bcdf im Aufriß (Fig. 833 A) in seiner Zusammensetzung zeigt. Der Segment bg macht an den Hauptecken eine Viertel-

Fig. 833.



drehung, an den Zwischenpunkten eine halbe und um die mittleren Stützpunkte eine ganze Drehung. Jeder Punkt des Quadranten bh, welcher höher als Punkt g liegt, beschreibt einen kleineren Bogen, als die unterhalb g′ gegebenen Punkte, und werden die Bogen immer kleiner, je näher der erzeugende Punkt liegt, während der Punkt h selbst keine Drehung mehr macht, woselbst das Gewölbe seinen Schlußpunkt hat. Die Punkte g′ und h′ entsprechen den Punkten g und h des im Grundriß umgeklappten Bogens, auf welchem auch die Theilung der Steinschichten stattfindet.

Die Trichter- oder Fächergewölbe sind meistens an ihrer inneren Fläche sehr reich verziert, diesen Verzierungen liegen immer von den Pfeilern oder Ecken im Grundriß radial ausgehende Erzeugungslinien, dann auch horizontale um die Pfeiler sich bewegende Parallelkreise zu Grunde, die als Hauptlinien besonders hervortreten.

Mit ganz glatten Flächen dürfte das Gewölbe wohl niemals vorkommen, mindestens canelirt man die Fläche, wie in der Börse zu Frankfurt a/M.

Besonders häufig ist dies Gewölbe in England angewendet, mit zahlreichen aufsteigenden Rippen (Meridianen), welche durch horizontale (Zonen) verbunden sind. Vielfach fehlen auch die horizontalen Ringe, und die Rippen (in geringerer Anzahl) vereinigen sich in der Nähe der Scheitel meist zu stern- oder netzförmigen Figuren, wobei aber die verschiedenen Rippen häufig nicht durchweg gleiche Krümmungen bekommen können.

Ein derartiges Gewölbe kann dann eigentlich nicht mehr Fächer-, sondern sollte Palmengewölbe genannt werden, weil die Rippen sich wie die Blattstengel einer Palme ausbreiten.

Diese Gewölbeform kommt außer in England auch in den Bauten des deutschen Ordens häufig vor und ist am schönsten durchgebildet in dem Convents-Remter zu Marienburg.

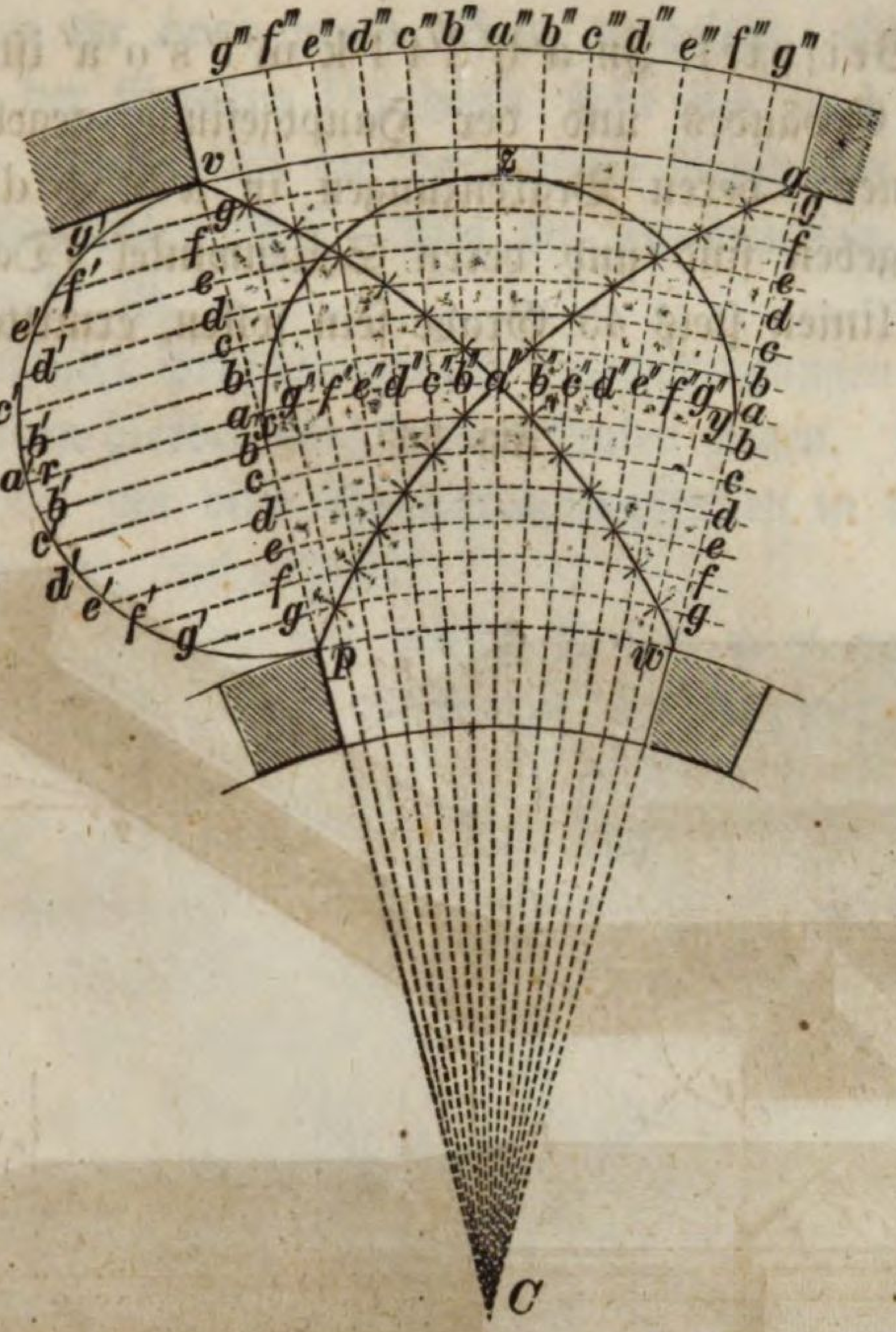
Zum Schlusse möge noch eine Mittheilung folgen über das

Ringförmige Kreuzgewölbe (Fig. 834).

Es ist dieses die Durchdringung eines halbkreisförmigen Ringgewölbes mit einem konoidischen Gewölbe, welche beide denselben Halbkreis als Leitkurven haben. Die Grate solch eines Kreuzgewölbes zeigen sich nun auch in der horizontalen Projection nicht mehr als gerade Linien, sondern als Curven. Das Ringgewölbe mit seinem Erzeugungskreis vrp und die Oeffnung vq für das Kreuzgewölbe seien gegeben, so wird offenbar, da vq größer ist als wp, über vq eine gedrückte und über pw eine überhöhte Ellipse entstehen. Im Uebergange dieser beiden wird nun auch auf dieser konoidischen Fläche ein Halbkreis als Verticalschnitt vorkommen, der denselben Durchmesser vp wie die Leitlinie des Ringgewölbes hat, nämlich in xy resp. a—a; theilt man nun die beiden Halbkreise über vp und xy in gleiche Theile, zieht durch a, b, c u. s. w. Parallelkreise, und zieht von c die Radien strahlenförmig, so erhält man im Durchschnitt der gleichnamigen Linien Punkte in der Horizontalprojection für die Diagonalbögen. Die Bögen über vq und pw werden nach Vergatterung aus dem Halbkreise va'p ermittelt.

Das Schraubengewölbe, welches hauptsächlich bei Treppenanlagen Anwendung findet, entsteht, wenn in einem Ringgewölbe die Kämpferlinien in Schraubenlinien übergehen. In ganz derselben Weise kann auch das schraubenförmige Kreuzgewölbe aus dem ring-

Fig. 834.



förmigen Kreuzgewölbe abgeleitet werden; diese Anwendung kommt aber höchst selten vor.

B. Graphische Constructionen bei Dächern.

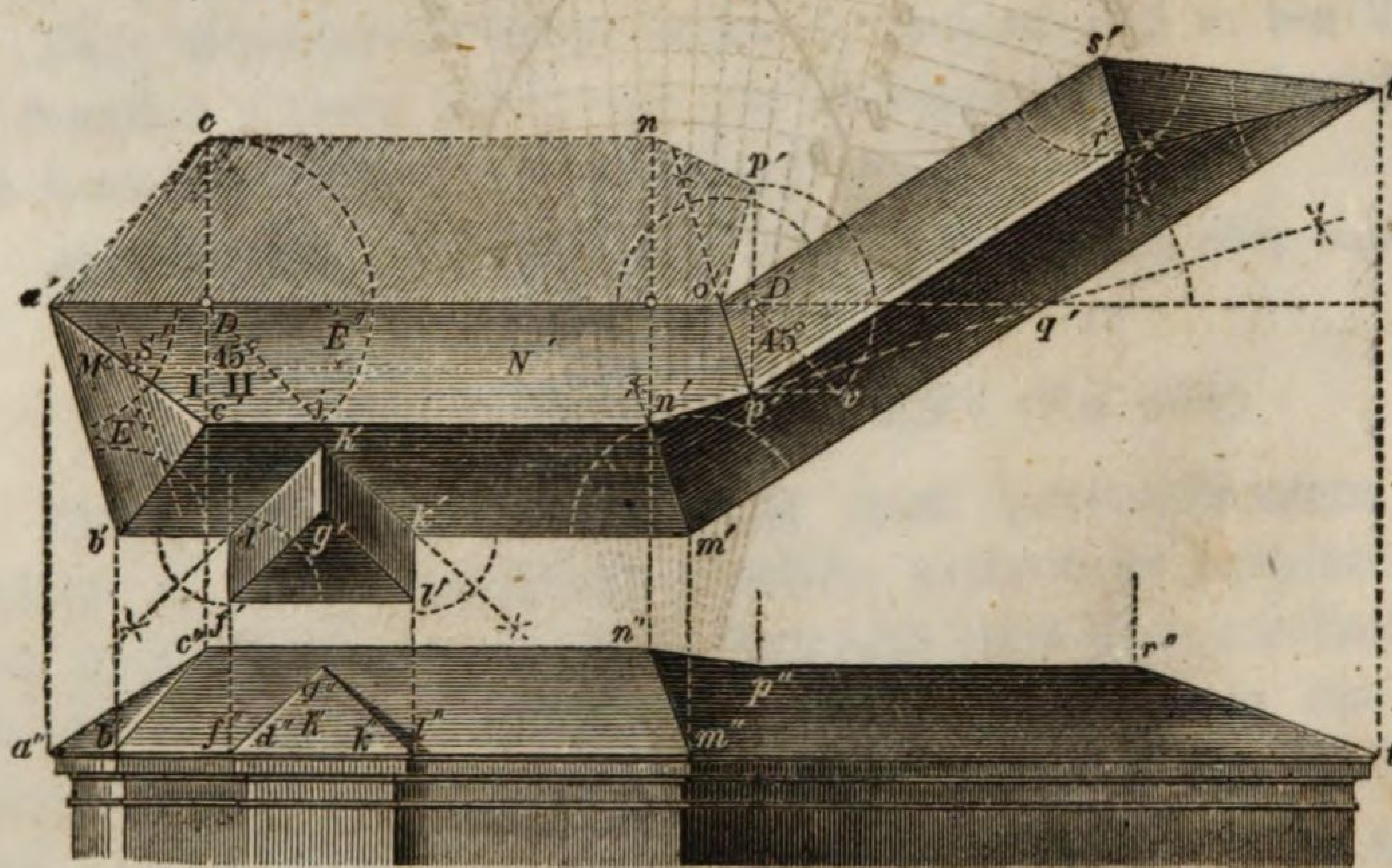
Wir haben in der II. Abtheilung bei den Dächern bereits die allgemeinen Begriffe der verschiedenen Dacharten mitgetheilt und gezeigt, wann Verfallungen 2c. entstehen, im Nachstehenden sollen nun noch einige Dachausmittelungen complicirter Dachformen, wie sie im praktischen Bauwesen vorkommen können, veranschaulicht werden.

Wenn die horizontale Projection (Grundriß) eines Gebäudes gegeben ist, so wird die ganze Gebäudefläche vermittels geometrischer Flächen so überdeckt, daß von diesen aus ein Abfließen und Herabgleiten des Wassers und Schnees auf die Dachsäume oder Traufen möglich ist. Diese Flächen erhalten nun gegen den horizontalen Dachboden eine

bestimmte gleichartige Neigung wie die folgenden Lösungen verdeutlichen.

Fig. 835. Beispiel. In a'b'd'f'l'k'm't's'o'a' ist die Horizontalprojection des Gebäudes und der Hauptgesimse gegeben, es sollen sämmtliche Ebenen, deren Begrenzungen in a'b', b'd', d'f', f'l' ꝛc. (Dachsäume) gegeben sind und deren Seitenwinkel (Dachflächenwinkel) an den Scheitellinien stets 45 Grade sein sollen, ermittelt werden.

Fig. 835.



Lösung. Da der Grundriß zeigt, daß das projectirte Gebäude frei steht und ein Nachbarhaus sich nicht anschließt, so werden sämmtliche Ebenen, die dieselbe Neigung gegen den Dachboden (horizontale Ebene) erhalten und ihre horizontale Tracen in den vorgezeichneten Umrißlinien a'b', b'd', d'f', f'e' ꝛc. bekommen.

Man lege daher durch je zwei sich schneidende äußerste Gesimskanten z. B. a'o' und a'b' Ebenen, deren Neigungsgröße gegen die horizontale Ebene dieselbe, nämlich 45° ist.

Zu diesem Behufe führe man durch den beliebigen Punkt D auf a'o' die Senkrechte Dc' und betrachte sie als horizontale Trace einer Normalebene auf a'o', in welcher der umgelegte Ebenenwinkel von 45° enthalten ist. Construirt man Dj aus D gegen Dc' unter 45°, so ist diese Gerade als die umgelegte Durchschnittslinie der geneigten Ebene mit der Normalebene zu betrachten. Eine gleiche Construction denke

man sich durch irgend einen Punkt der Geraden a'b' vorgenommen, und den Neigungswinkel von 45⁰ um eine Normale, die auf a'b' gezogen wurde, in die horizontale Ebene umgelegt. Von einem beliebigen Punkt II der Geraden Dj denke man sich in I die horizontale Projection und durch diese die horizontale Projection M'N' einer zu a'o' gelegten Parallelen MN. Aus der Construction ist zu ersehen, daß III = ID = E' ist.

Die horizontalen Projectionen der Durchdringungen dieser geneigten Dachflächen werden hierbei stets gerade Linien zeigen. Kurz beschrieben ist das Verfahren, um diese Durchdringungslinien in der horizontalen Projection zu finden, Folgendes:

Der Abstand zwischen den beiden Seiten a'c' und b'm', sowie zwischen o's' und t'm' wird durch eine gerade Linie (First) halbirt, hiernach werden die Winkel o'a'b', a'b'm', b'm't', m't's', t's'o' und der Gegenwinkel s'o'a' so gleichmäßig getheilt, das die Halbirungslinien die ebengezogene Firstlinienprojection in c', m' und r' treffen. Die Winkelhalbirungslinien stellen (ausgenommen die Linie o'p') die Gratprojectionen dar, während über o'p' sich die Kehle befindet. Da nun m' höher liegen wird als p' (und zwar bei einem Winkeldache um die Differenz der Entfernung der Firstlinienprojectionen von der Trauflinie), so muß nothwendigerweise ein Verfallungsgrat von m' bis p' vorhanden sein. Bei dieser Figur ist ferner noch angenommen, daß an b'm ein kleiner Ausbau sich befindet, der ebenfalls mit einem Winkeldache überdeckt werde; die Ermittelung der Grat- und Kehlprojectionen macht die Zeichnung ohne weitere Erklärung verständlich.

In der Praxis ist das Bestimmen der wahren Flächengrößen, welches durch Umlegen der verschiedenen begrenzten Ebenen in die horizontale Projection erfolgt, von Wichtigkeit; in Fig. 835 ist beispielsweise die wirkliche Größe der Fläche a'c'npo'a' ermittelt. Durch c' lege man auf a'o', dann durch n' auf a'o' zwei Normalebenen, lege dann die Durchschnittslinien der letzteten mit der geneigten begrenzten Dachfläche um, wodurch Dj nach Dc, und D'p' nach Dp zu liegen kommen. Verbinde a' mit c, ziehe die Parallele cn, markire n, verbinde n mit p1, und p1 mit o', so ist a'c, np1o' eine um die Drehungsachse o'a' umgelegte Dachfläche, deren Flächeninhalt durch Zerlegung in geometrische Grundformen mit Hilfe eines Maßstabes leicht berechnet werden kann. Auf gleiche Art werden die übrigen Dachflächen umgelegt. Zur leichteren Vorstellung der gesammten Ausmittelung wurde

auch eine verticale Projection (Aufriß) in bekannter Art bestimmt; die gleichartigen Buchstaben bezeichnen die zusammengehörigen Punkte.

Fig. 836. Beispiel. In a′b′d′n′.... ist ein Gebäude im Grundrisse gegeben, welches mit der Seite a′c′ an ein Nachbarhaus anstößt; man soll alle Dachflächen in einer Neigung von 45⁰ annehmen und die horizontale und verticale Projection der Ausmittelung bestimmen.

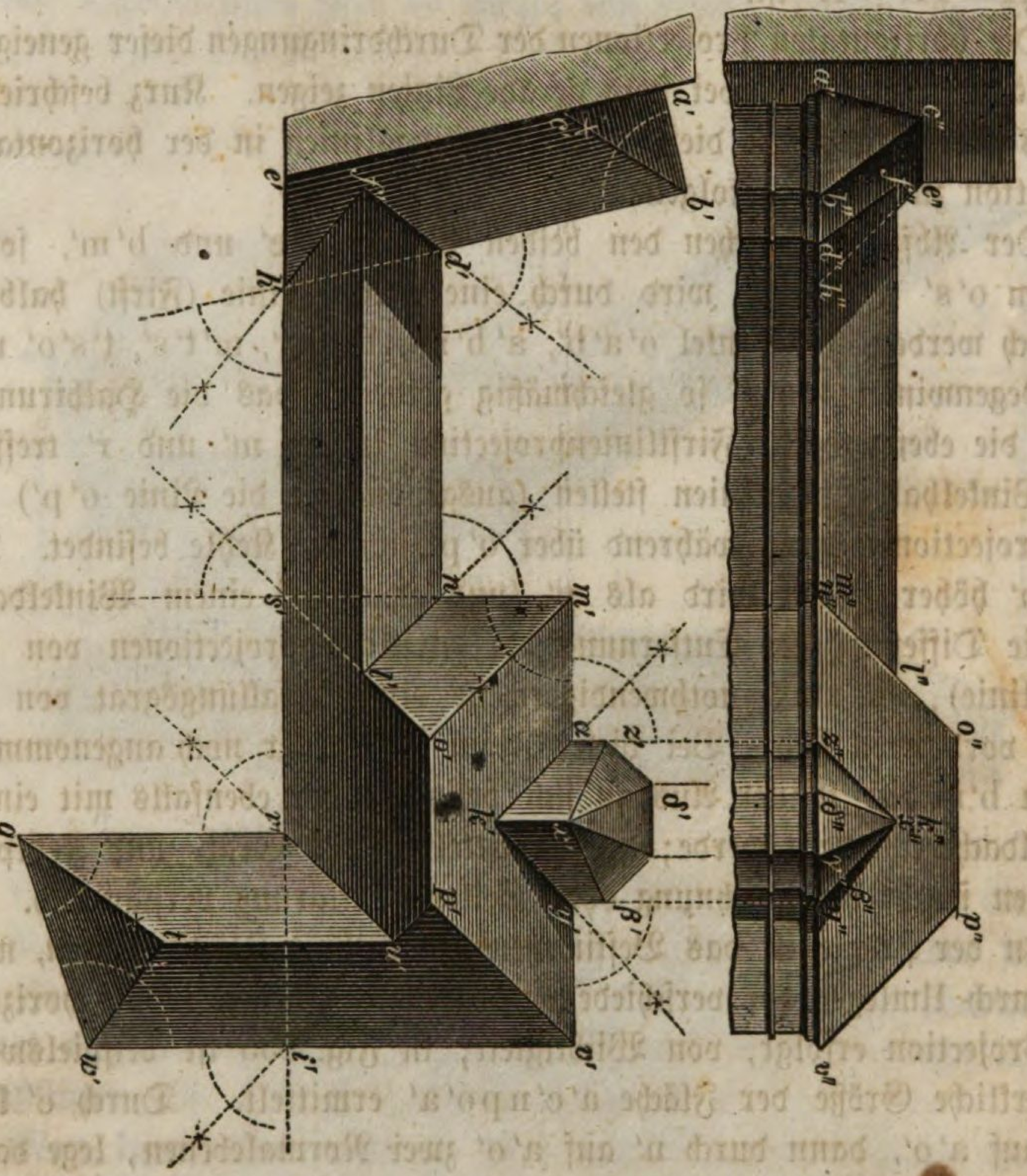


Fig. 836.

Lösung. Alle Dachflächen, die an ein Nachbarhaus anstoßen, müssen so ermittelt werden, daß das Wasser auf die Gesimskanten, welche als Tracen der Dachebenen anzusehen sind, und nicht auf die Nachbarmauer herabfließt.

Da das vorige Beispiel genau beschrieben wurde, soll hier die Construction nur kurz vorgeführt werden.

Da an a′e′ kein Wasser abfließen darf, ist diese Linie als First

eines Pultdaches anzunehmen, sie liegt mithin beim Winkeldach (45° Ebenenneigung) in einer Höhe von a′b′ von der Horizontalebene entfernt. Man verlängere nun b′d′ bis h′, halbire den Winkel b′d′n′, ebenfalls den Winkel d′h′e′, so daß die Halbirungslinien in f′ sich schneiden, und ziehe mit d′n′ eine parallele Firstlinie, welche ebenfalls in f′ endet. Soll nun das Gesims ringsherum laufen, so muß bei b′a′ ein Walm sein, welcher durch Halbirung des Winkels a′b′d′ mit b′c′ entsteht, b′c′ ist dann der Grat, hingegen sind f′d′ und f′h′ die Kehlen. Um die Ausmittelung des großen Dachtheiles vorzunehmen, denke man sich e′r′ bis i′ und n′m′ bis s′ verlängert, und über m′v′i′s′ ein Walmdach, welches entsteht, wenn die Halbirungslinien der vier Eckwinkel bei m′v′i′ und s′ in der Firstlinie sich in o′ und p′ schneiden. Jetzt halbire man den Winkel m′n′d′, so ergiebt sich die Kehle n′l′, wonach alsdann o′l′ eine Verfallungsgrat wird.

An die große Dachfläche stößt jedoch noch ein Flügel r′q′w′i′, welcher am Ende einen Walm erhalten soll. Deshalb ziehe zuerst die Firstlinie (in der Mitte des Flügels), halbire die Winkel r′q′w′ und q′w′v′, so daß die Halbirungslinien den First in t′ schneiden; ferner halbire den Winkel e′r′q′, wodurch eine Kehle r′u′ entsteht und bei Kreuzung des Firstes t′u′ mit dem Grate p′i′ der Verfallungsgrat gebildet wird. Das Dreieck t′q′w′ ist dann der Walm.

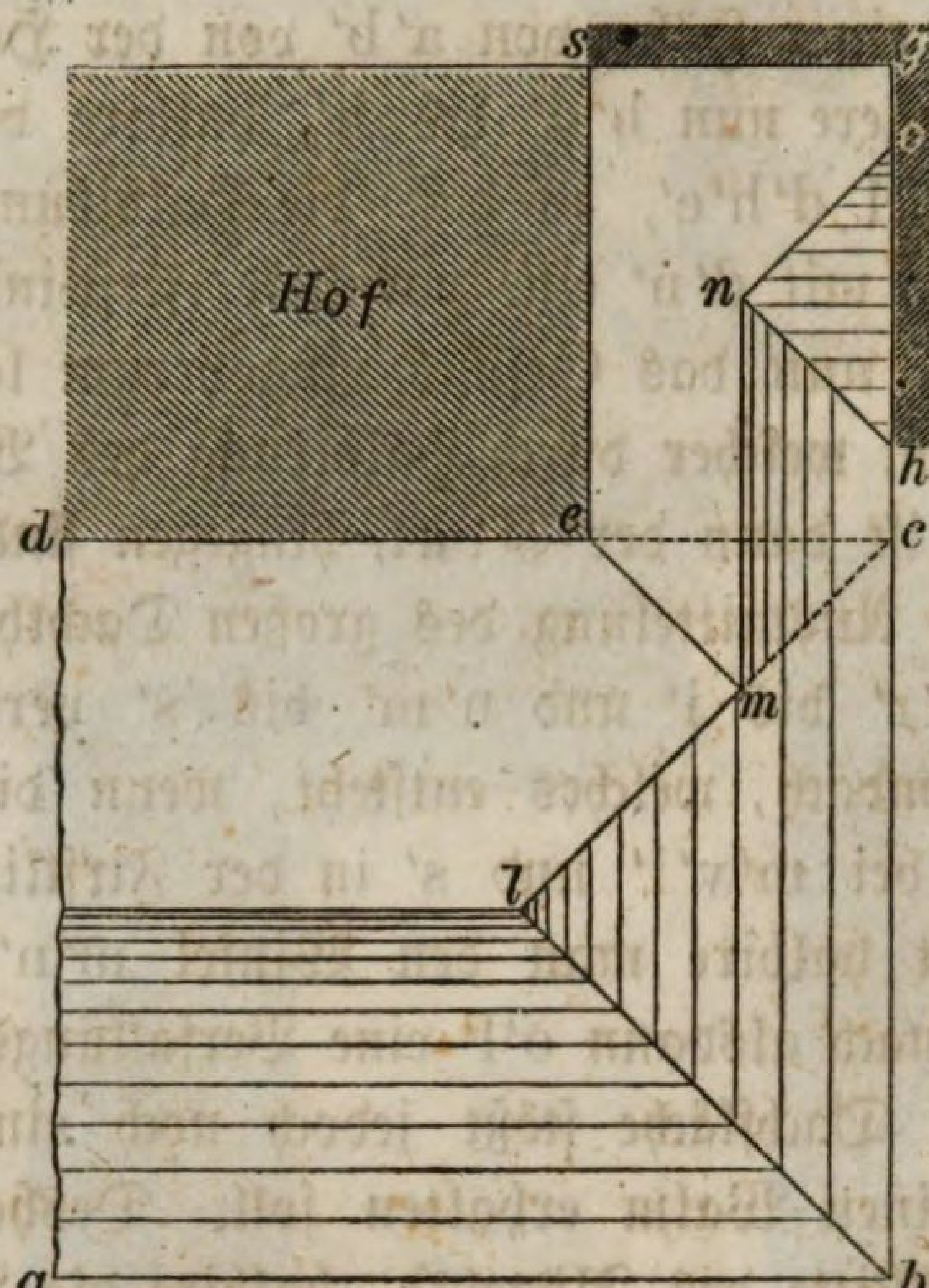
Schließlich ist an m′v′ noch ein Vorbau angebracht, welcher ebenfalls mit einem Satteldach, das jedoch mit einem halben achtseitigen Zeltdach endigt, überdeckt wird. Die Durchdringungslinien des genannten Satteldaches mit der geneigten Ebene m′o′p′v′ ergeben die Halbirungen der Winkel z′α′m′ und s′y′v′, so daß die Kehlen α′k′ und y′k′ entstehen.

Schließlich erhält man noch die zeltartige Endigung dadurch, daß x′ (der Schwerpunkt des vollendeten Achtecks) mit den Eckpunkten z′δ′γ′s′ vereinigt wird, wonach diese Linien als Grate hervortreten. Die verticale Projection dieser Dachausmittelung erklärt sich von selbst.

Um ferner noch weitere Anordnungen derartiger Dachausmittelungen zu zeigen, geben wir die nachstehenden Figuren.

Die in Fig. 837 gegebene Gebäudefläche werde nur bei hgs vom Nachbarhause begrenzt, so daß also die Trauflinien hba und sed entstehen. Man denke sich de bis c verlängert, lege zwischen dc und ab die Firstlinie, halbire die Winkel dcb und cba, wodurch sich die Gratlinien lc und lb ergeben, alsdann ziehe man in bekannter Weise

Fig. 837.



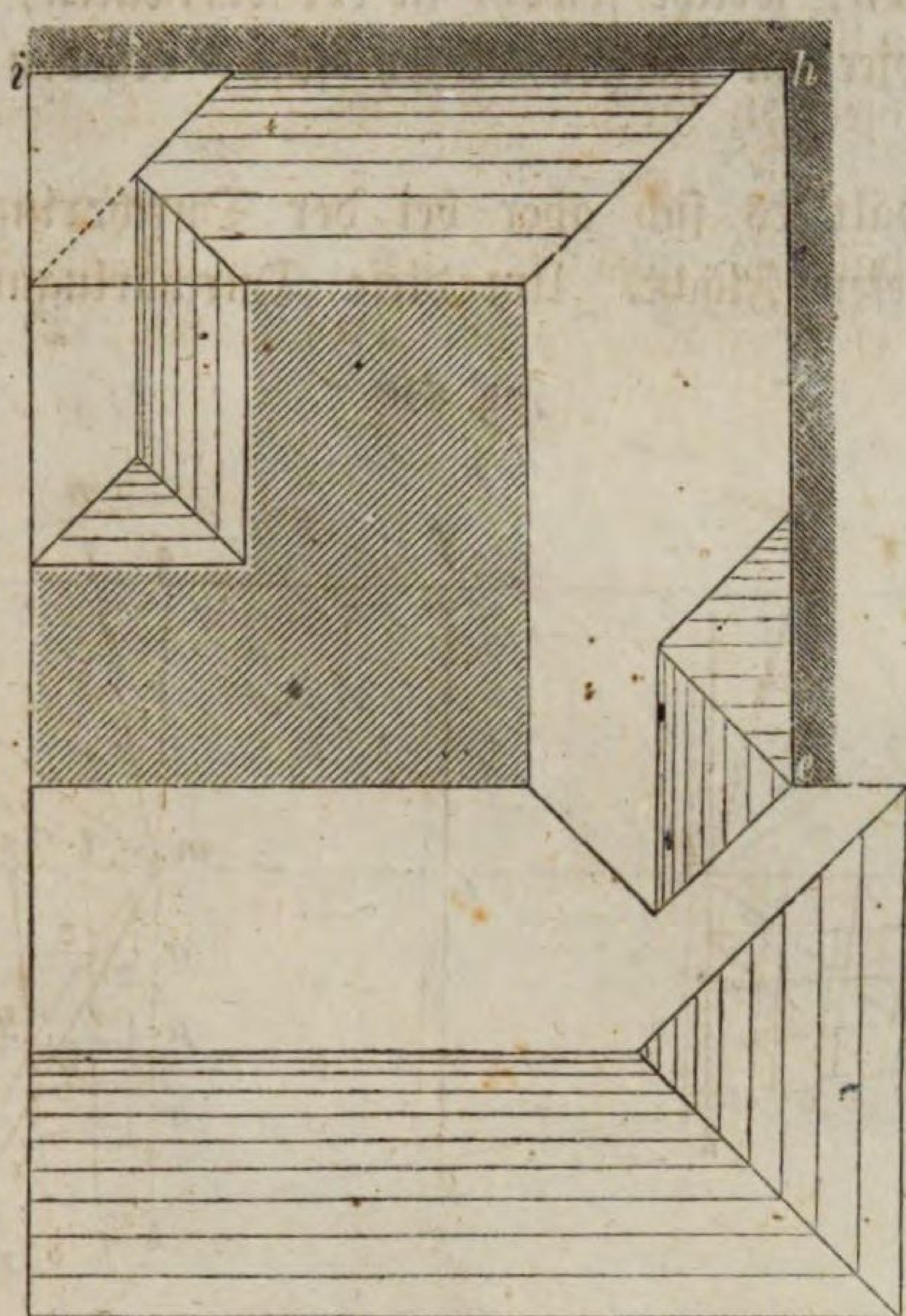
(durch Halbirung der Winkel) die Kehllinie em, lege von m aus über dem Nebenbau die Firstlinie an, welche durch die Kehllinie nk begrenzt wird und construire schließlich die Verfallungslinie no; gb ist dann der First eines Pultdaches.

Eine andere Grundrißform giebt Fig. 838. Hierbei wird der Hof von dem Hauptgebäude und den Nebenflügeln eingeschlossen und letztere stoßen gegen die Nachbarsmauer ehi. Eine weitere Erklärung wird bei diesem Beispiel überflüssig sein, da die bereits erwähnten Principien auch hier zur Anwendung gelangen.

Anstatt der geraden (dreieckigen ebenflächigen) Walme kann man auch Kegel- und Kugelwalme anordnen; dieselben kommen jedoch im praktischen Bauwesen, da sie unpraktische Constructionen veranlassen und außerdem sich sehr schwierig eindecken lassen, nur äußerst selten vor, weshalb wir sie hier unberücksichtigt lassen.

In den allermeisten Fällen wird man bei Anordnung der Grundrißformen der Gebäude dahin streben, daß bei Ausmittelung der Dächer die längsten Trauflinien parallel zur Firstlinie zu liegen kommen, wodurch stets gleiche Sattelflächen entstehen; es können jedoch auch Fälle vorkommen, daß die Hauptlangseiten eines Gebäudes nicht parallel zu einander sind, wonach man alsdann, falls die Firstlinie

Fig. 838.



mit einer Seite parallel liegt, eine gerade und eine windschiefe Fläche erhält.

Eine windschiefe Ebene können wir uns erzeugt denken durch die fortgleitende Bewegung einer unendlichen Erzeugungslinie, welche in gleichseitiger steter Berührung mit zwei andern unendlichen Linien (der Richtungslinien), nur in paralleler Lage mit einer gegebenen Ebene, der Parallelebene, bleibt.

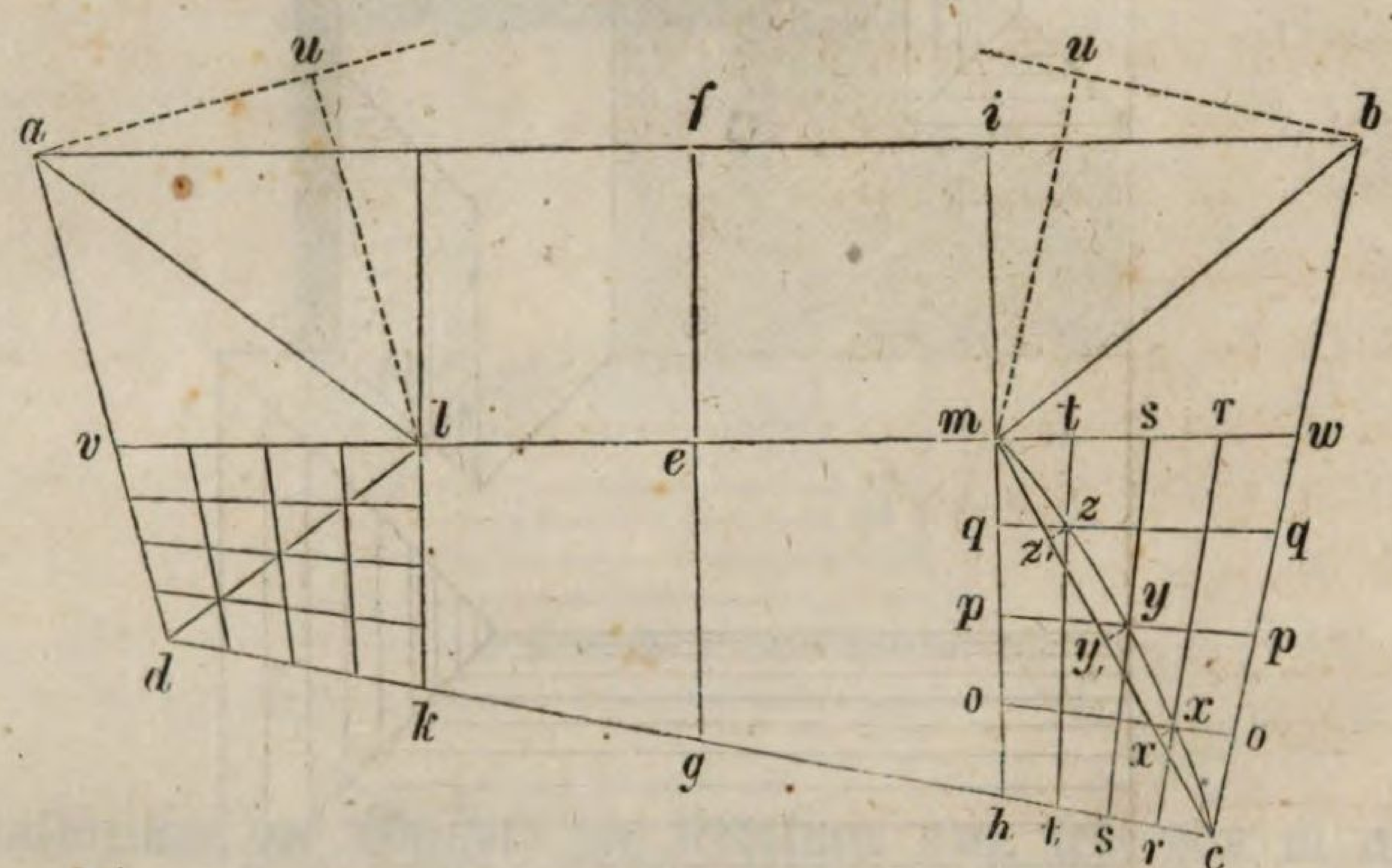
Die Richtungs- und Leitlinien liegen nie in einer Ebene, und sind daher in gegenseitiger Beziehung windschiefe Linien.

In Fig. 839 sei abcd die Horizontalprojection eines Gebäudes, welches mit einem Satteldache und zwei Walmen überdeckt werden soll, gegeben. Da die senkrechte Entfernung von ab nach dc nicht gleich ist, müssen natürlicherweise sämmtliche Binder verschiedene Spannweite erhalten, weshalb in der Mitte gf ein Normalbinder gef angenommen werden muß. Wir ziehen zuerst die Firstlinie vw durch e parallel mit ab, wodurch also die Dachflächen vwab gerade, und vwdc windschief gestaltet sein werden.

Durch Halbirung der Winkel abc und dab bekommen wir die Grate mb und ab, welche sowohl in der verticalen, als auch in der horizontalen Projection gerade Linien sind, ergeben sich die Punkte l und m.

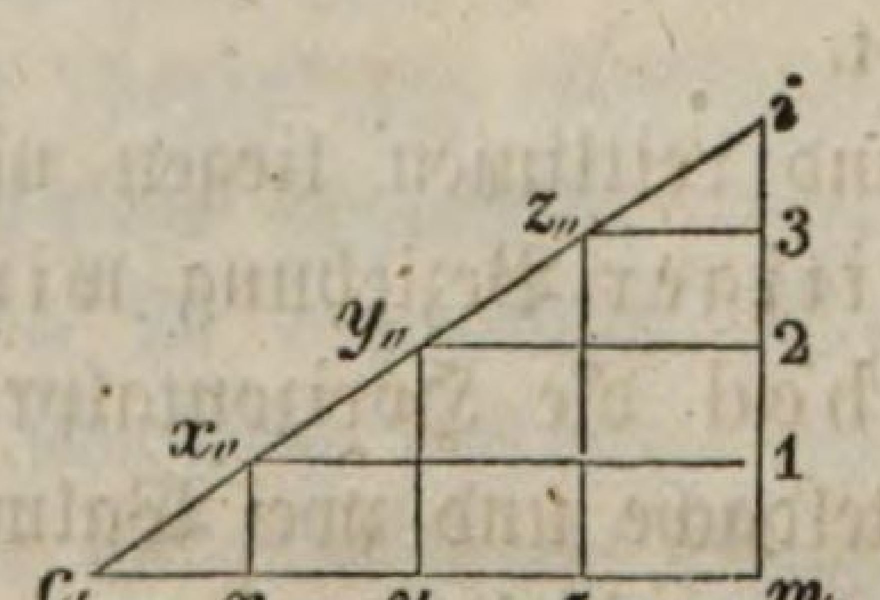
Anders verhält es sich aber bei der Durchdringung der Walme mit der windschiefen Fläche. Um diese Durchdringungslinien zu be-

Fig. 840.



stimmen, ziehe man zuvor hi (Anfallsgebinde) durch m senkrecht zur Firstlinie, theile alsdann mh in beliebige, aber gleiche Theile, z. B. in vier, ebenso theile wc in eben so viele, also in vier gleiche Stücke und verbinde die bezüglichen Theilpunkte p mit p, q mit q ꝛc.; ferner zerlege man mw und hc gleichfalls in ebenso viele (vier) Theile und

Fig 841.



verbinde die gleichbenannten Punkte t mit t, s mit s ꝛc., so geben die Kreuzungspunkte der Linien oo mit rr, pp mit ss, qq mit tt in x, y und z die Horizontalprojection des Grates an. Diese ist eine Krumme und weicht von einer Geraden um die Stücke x'x, y'y, z'z ab. Beim

andern Walme werden die Theilpunkte auf kl mit denen auf vd, und die auf vl mit denen auf dk vereinigt und die Kreuzungspunkte verbunden.

Die Verticalprojection des Grates giebt ebenfalls eine Krumme, welche in folgender Weise dargestellt wird (Fig. 840.) Auf die Linie c′m′ ziehe in m′ (also über der Projection des Anfallspunktes) die Höhe des Daches = m′i, auf c′m′ trage die Stücke mz′, z′y′ ꝛc. ab, errichte hierüber Lothe, theile dann m′i in vier gleiche Theile und ziehe durch 1, 2 und 3 Parallelen mit cm, so ergeben die Durchkreuzungen der Linie aus 1 und dem Lothe aus x′, ferner der Linie aus 2 und y′ ꝛc., in x″y″z″ Punkte zur Darstellung der verticalen Projection des Grates.

Will man aber den Grat in wirklicher Größe bestimmen, so muß man nicht die Linie my′c zu Grunde legen, sondern die Horizontalprojection myc strecken, alsdann in x, y und z die Lothe errichten und wie eben beschrieben, aus den Kreuzungspunkten die Krumme in wirklicher Länge angeben.

Kommen Kehlungen bei windschiefen Dächern vor, so werden die Projectionen der Kehllinie in derselben Weise, wie die der Grate bestimmt. Die Figur veranschaulicht auch einen solchen Fall, welcher ohne weitere Erklärung verständlich genug sein wird.

C. Graphische Constructionen bei Treppen.

Bei hölzernen und steinernen, ganz oder theilweise gewundenen Treppen, sowie bei Flächenverkleidung einer freistehenden gewundenen Treppe ist eine Spiral- oder Schraubenfläche bemerkbar.

Nimmt man nämlich eine cylindrische Spirale und eine Gerade als Richtungslinie (Leitlinie) einer windschiefen Ebene, und eine andere Gerade als Erzeugungslinie und die horizontale Projectionsebene als Parallelebene, so entsteht bei fortschreitender Bewegung der Erzeugungslinie eine Spiralfläche.

Statt der geraden Richtungslinie kann hierbei auch eine zweite Spirale als Richtungslinie gedacht werden.

Die Kenntniß der Herstellung der Verticalprojection solcher Spiralflächen ist beim Zeichnen der gewundenen Treppen unerläßlich, weshalb wir die Construction hier ebenfalls vorführen.

Beispiel. Eine Spiralfläche zu zeichnen, deren beide Richtungslinien Spiralen bilden.

1. Lösung (Fig. 841). In dem gegebenen Falle, wo beide Richtungslinien Spiralen sind, zeichne man die concentrischen Kreise A und B als erste Projection der Richtungslinie, theile die Peripherie des Kreises B z. B. wie hier in 8 gleiche Theile und ziehe aus sämmtlichen Theilpunkten Radien. Ebenso theile man auch die Höhe einer Windung (Etagenhöhe) gleichfalls in 8 gleiche Theile und ziehe durch

Fig. 841.

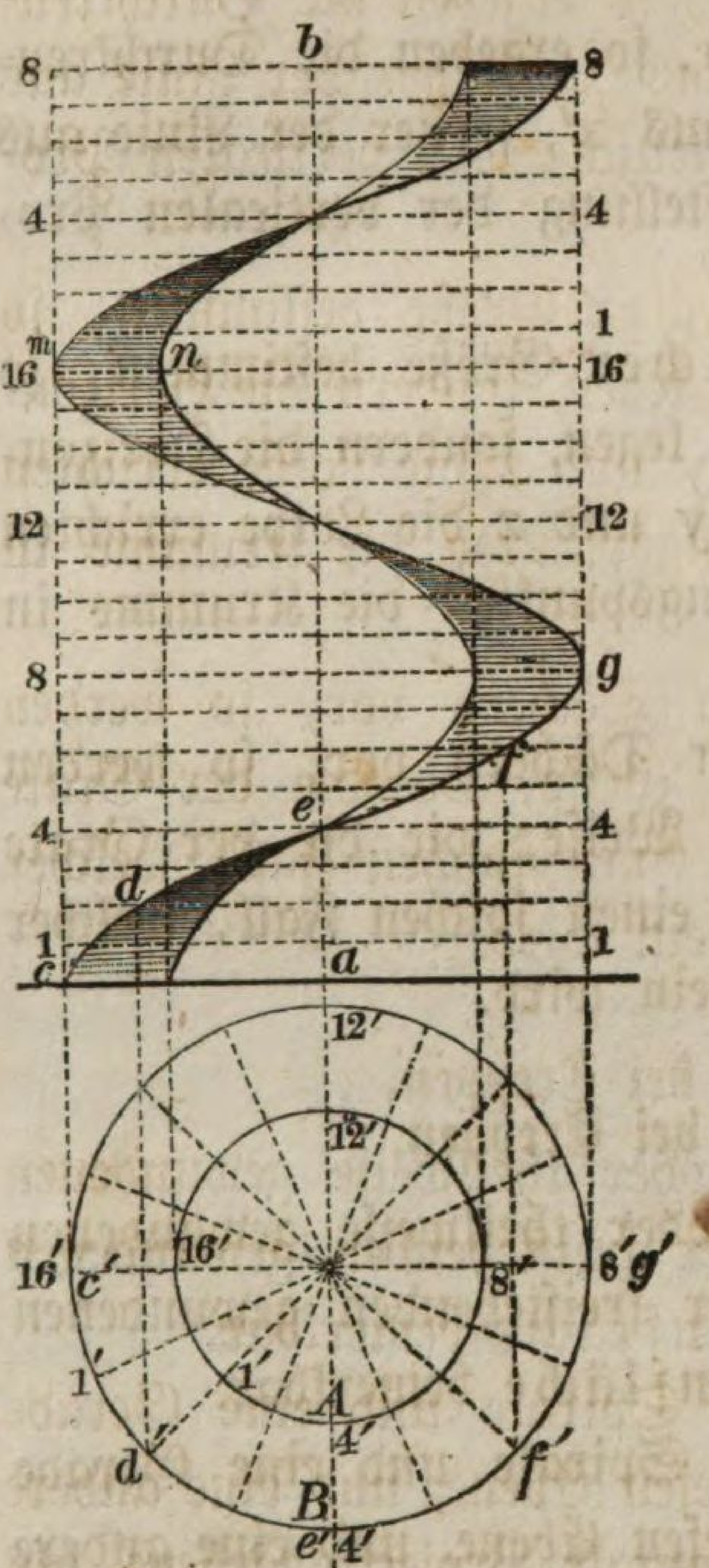
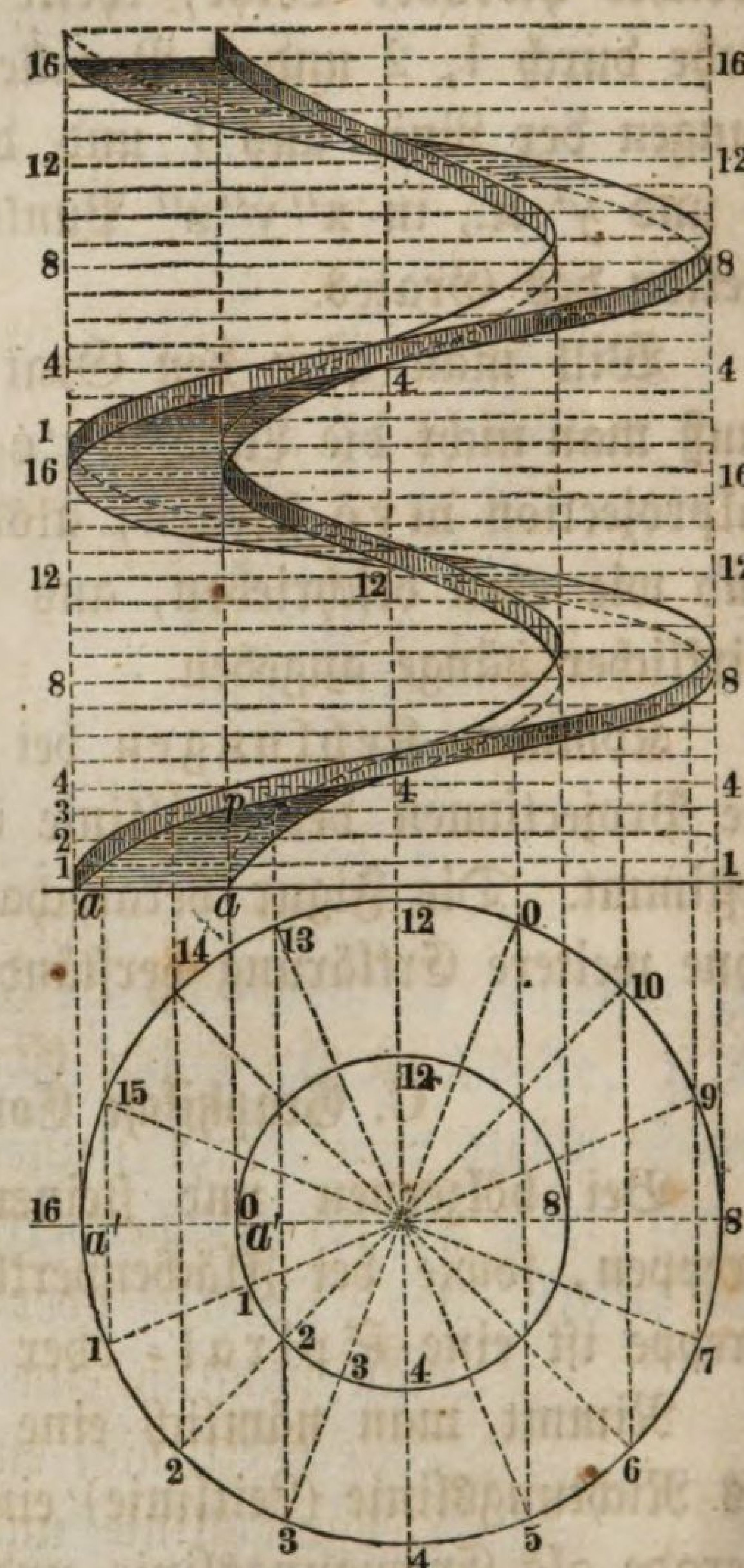


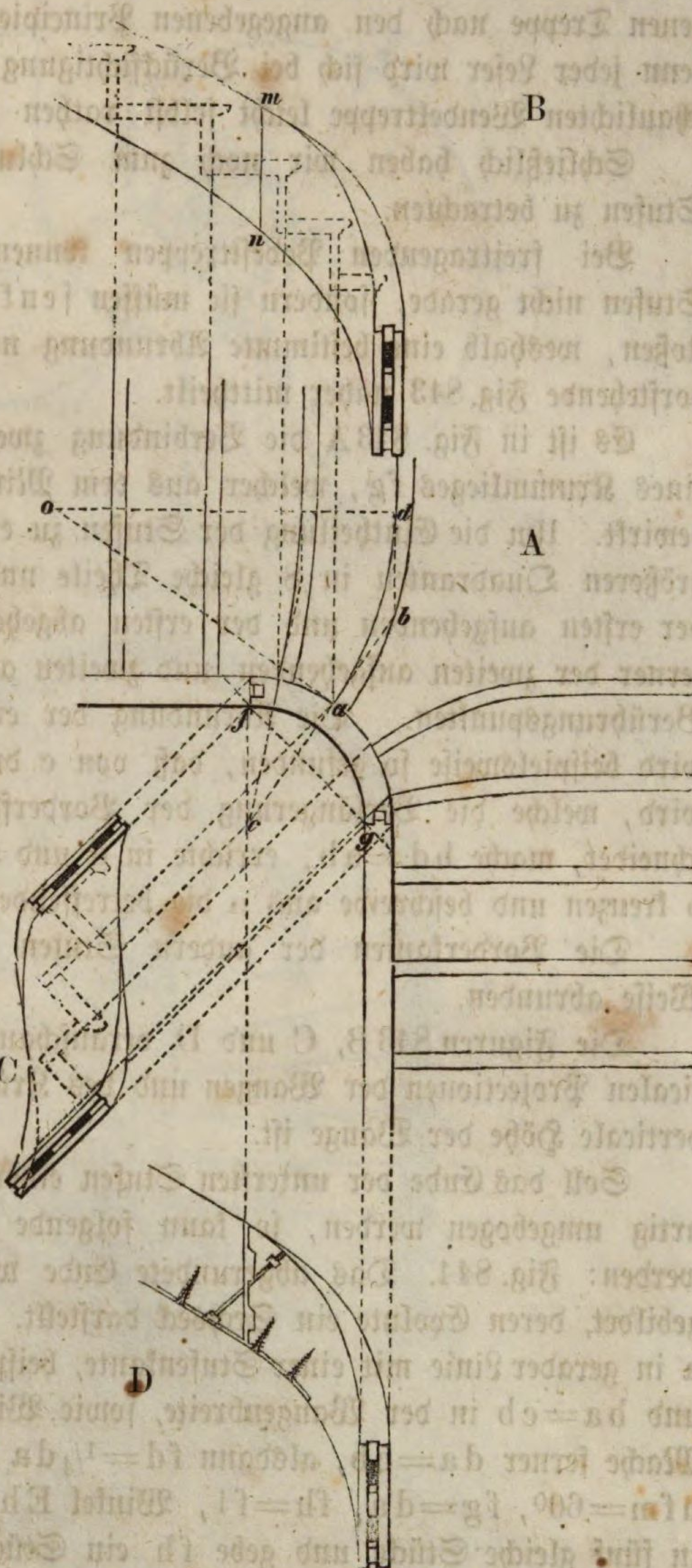
Fig. 842.



diese Theilpunkte Parallelen mit der Grundebene und bestimme zuerst die Punkte cdefg.., welche sich aus der Kreuzung der bezüglichen Projectionslinien ergeben.

2. Lösung (Fig. 842). Die Schraubenfläche können wir uns auch so erzeugt denken, indem sich ein Rechteck (Höhe resp. Steigung einer Stufe, oder auch Begrenzung der äußern und innern Wangen), dessen Projection 1, 1′, ao und do′ sind, so bewegt, daß ein Punkt aa′ desselben eine Schraubenlinie abcdefghr durchläuft; und dabei die

Fig. 843.



Seite a1 stets in der geraden Erzeugenden des Cylinders bleibt, auf welchen man sich die Schraubenlinie verzeichnet denkt, wodurch also jede der Seiten 1 1 und o a eine windschiefe Fläche erzeugt, welche Schraubenfläche genannt, und die durch die Seite a 1 und o 1, welche Stücke von cylindrischen Flächen sind, begrenzt sind.

Die Zeichnung der Schraubenfläche in Fig. 842 besteht darin, daß wir vier Schraubenlinien construiren; wir bestimmen nämlich zuerst die Punkte der äußern Spirallinie und dann die der innern, und tragen dann die Höhe des Rechtecks 11, oa von den Punkten abcd.... der innern Spirallinie auf die zugehörigen senkrechten Erzeugungslinien des Cylinders auf, was in gleicher Weise auch aus den Punkten o, p ꝛc. der äußern Spirale geschieht, wodurch wir diese vier Schraubenlinien erhalten und die verdeckt liegenden Theile derselben mit punktirten Linien anzugeben sind.

Wären die Punkte oa ganz nahe aneinander, so erhalten wir die

Darstellung einer gewundenen Treppe. Die Darstellung einer gewundenen Treppe nach den angegebenen Principien kann hier fortbleiben, denn jeder Leser wird sich bei Berücksichtigung der in Fig. 571 veranschaulichten Wendeltreppe leicht selbst rathen können.

Schließlich haben wir noch zum Schlusse die Eintheilung der Stufen zu betrachten.

Bei freitragenden Podesttreppen können die Vorderkanten der Stufen nicht gerade, sondern sie müssen senkrecht gegen die Wangen stoßen, weshalb eine bestimmte Abrundung nothwendig wird, wie die vorstehende Fig. 843 näher mittheilt.

Es ist in Fig. 843 A die Verbindung zweier Treppenläufe mittels eines Krummlieges fg, welcher aus dem Mittelpunkt c construirt ist, bewirkt. Um die Eintheilung der Stufen zu erlangen, zerlege man den größeren Quadranten in 8 gleiche Theile und gebe dem Podest und der ersten aufgehenden und der ersten abgehenden Stufe je 2 Theile, ferner der zweiten aufgehenden und zweiten abgehenden je 1 Theil zu Berührungspunkten. Die Abrundung der ersten auffsteigenden Stufe wird beispielsweise so gefunden, daß von c durch a eine Linie gezogen wird, welche die Verlängerung der Vorderfläche der Setzstufe in b schneidet, mache bd=ab, errichte in d und a Senkrechte, die sich in o kreuzen und beschreibe aus o die betreffenden Abrundungen.

Die Vorderkanten der andern Stufen lassen sich in derselben Weise abrunden.

Die Figuren 843 B, C und D veranschaulichen gleichzeitig die verticalen Projectionen der Wangen und des Krümmlings, wobei mn die verticale Höhe der Wange ist.

Soll das Ende der untersten Stufen einer Treppenanlage volutenartig umgebogen werden, so kann folgende Construction angewendet werden: Fig. 844. Das abgerundete Ende wird nach einer Evolvente gebildet, deren Evolute ein Sechseck darstellt. Zuerst wird ein Punkt a in gerader Linie mit einer Stufenkante, beispielsweise B, angenommen und ba=cb in der Wangenbreite, sowie Winkel bad=60° gemacht. Mache ferner da=cb, alsdann fd=$\frac{1}{4}$da und fe=$\frac{1}{6}$da, Winkel nfm=60°, fg=da, fh=f1, Winkel Ehf=90°; zerlege nun g1 in fünf gleiche Stücke und gebe fh ein Stück hiervon. Nachdem somit die beiden regelmäßigen Sechsecke feorst und fhuowx, und zwar aus den Seiten fe resp. fh, construirt sind, haben die Bögen cn und ad ihre Mittelpunkte in a, und die Bögen nm, my, yz, zj, ji

Fig. 844.

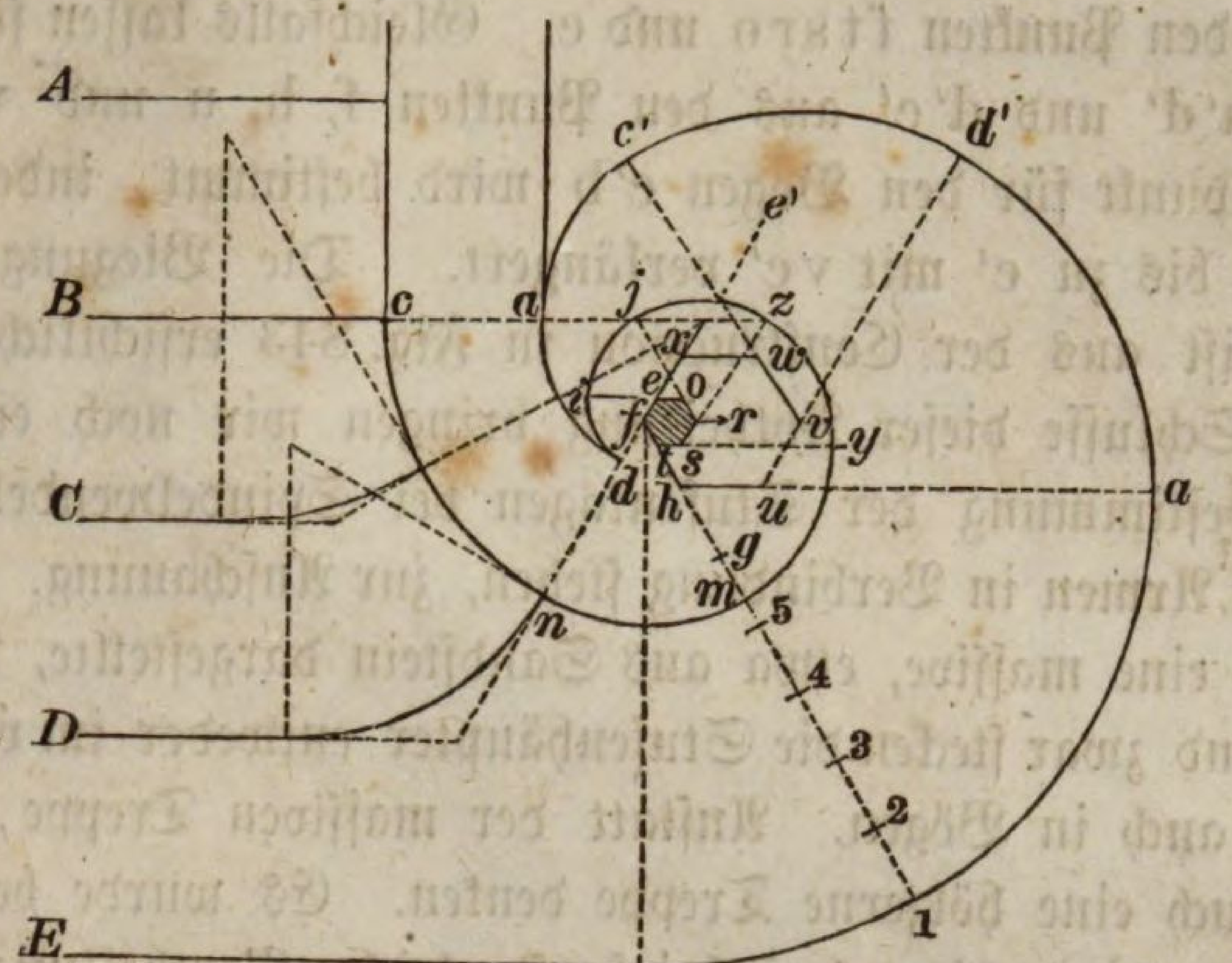
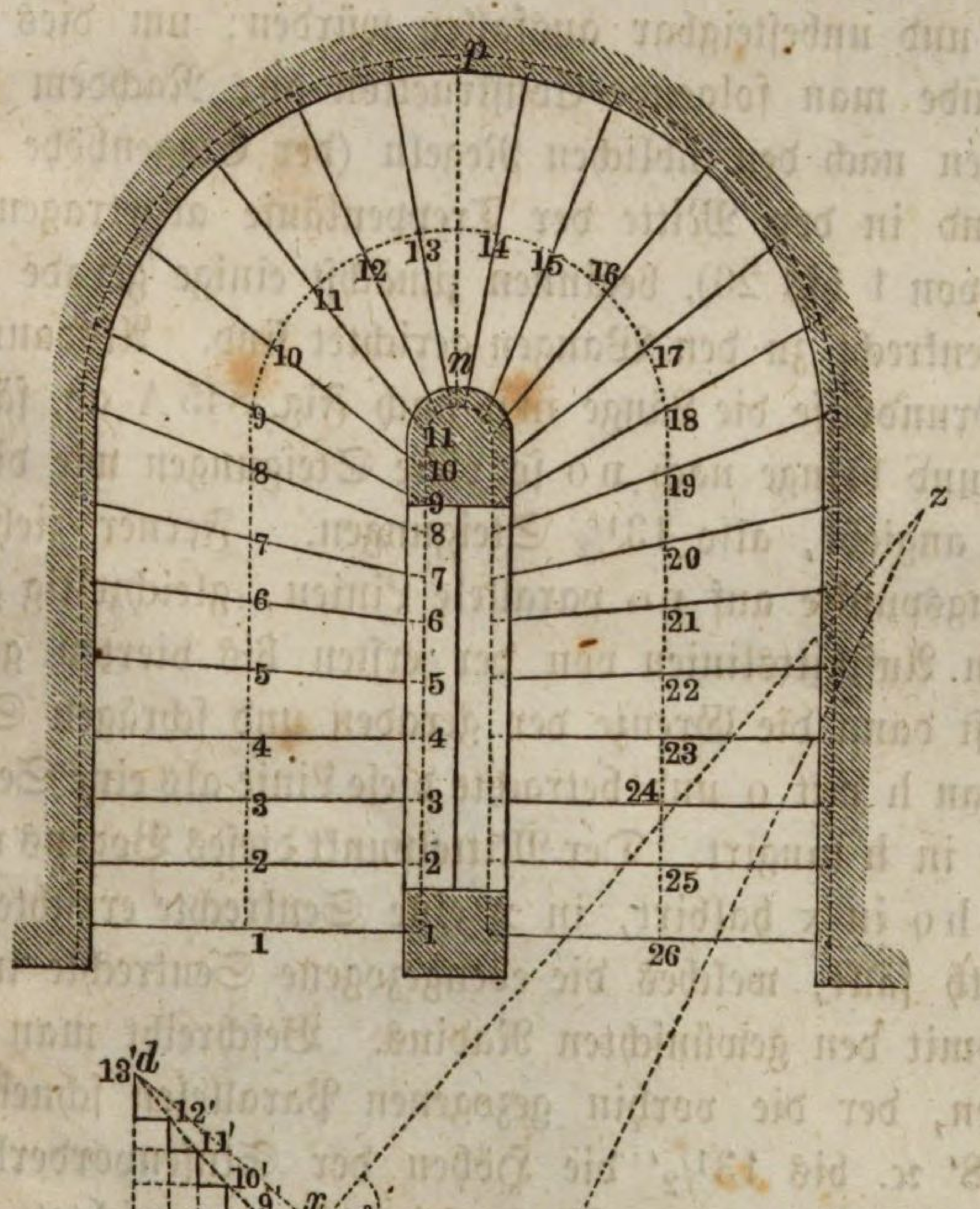


Fig. 845.


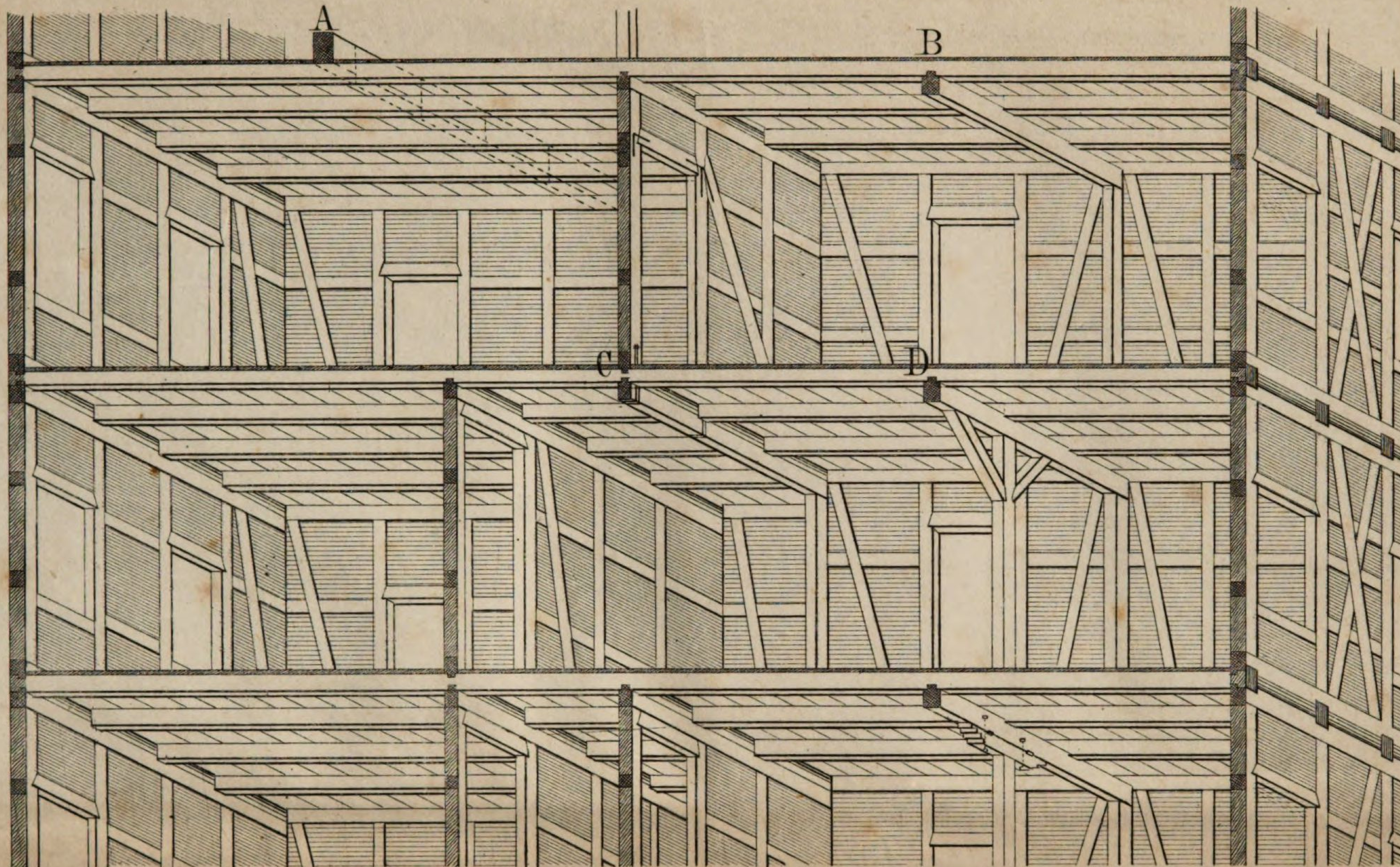
und id in den Punkten ftsro und e. Gleichfalls lassen sich die Bögen hl, la', a'd' und d'c' aus den Punkten f, h, u und v beschreiben. Der Mittelpunkt für den Bogen c'b wird bestimmt, indem man die Gerade ba bis zu e' mit vc' verlängert. Die Biegung der Stufen C und D ist aus der Construction in Fig. 843 ersichtlich.

Zum Schlusse dieser Abtheilung bringen wir noch eine Construction zur Bestimmung der Stufenlagen bei Spindelwendeltreppen, die mit geraden Armen in Verbindung stehen, zur Anschauung. In unserem Beispiel ist eine massive, etwa aus Sandstein dargestellte, Treppe angenommen, und zwar stecken die Stufenhäupter entweder im vollen Mauerwerk, oder auch in Bögen. Anstatt der massiven Treppe, könnten wir uns hier auch eine hölzerne Treppe denken. Es wurde bereits bei den Treppenanlagen erwähnt, daß bei sonst gleicher Vertheilung der Stufenvorderkanten nach dem Mittelpunkte des Halbkreises, die Stufenenden sehr schmal und unbesteigbar ausfallen würden; um dies nun zu vermeiden, wende man folgende Construction an: Nachdem die einzelnen Stufenbreiten nach den üblichen Regeln (der Etagenhöhe entsprechend) ermittelt und in der Mitte der Treppenläufe abgetragen sind (siehe Fig. 845 A von 1 bis 26), beginnen zunächst einige gerade Stufen, d. h. solche, die senkrecht zu den Wangen gerichtet sind. Alsdann wickle man aus dem Grundrisse die Länge mn nach Fig. 845 A ab, fälle in n eine Senkrechte und bringe nach no so viele Steigungen wie die Entfernung von m—n angiebt, also $13^1/_2$ Steigungen. Ferner ziehe man durch die Steigungspunkte auf no parallele Linien, gleichzeitig gebe man die horizontalen Auftrittslinien von der ersten bis vierten geraden Stufe an, bei h ist dann die Grenze der geraden und schrägen Stufen. Jetzt verbinde man h mit o und betrachte diese Linie als eine Sehne zu einem Bogen, der in h tangirt. Der Mittelpunkt dieses Bogens wird erhalten, wenn man ho in x halbirt, in x eine Senkrechte errichtet, ferner auf mh ein Loth fällt, welches die ebengezogene Senkrechte in z schneidet; zh giebt somit den gewünschten Radius. Beschreibt man nun mit zh einen Bogen, der die vorhin gezogenen Parallelen schneidet, so geben 5', 6', 7', 8' rc. bis $13^1/_2$' die Höhen der Stufenvorderkanten. Von diesen Punkten aus werden Senkrechte auf mn errichtet, die die Projectionspunkte im Grundrisse darstellen. Hiernach lassen sich die Stufen verlegen. Nach der gebogenen Richtung der Stufenvorderkanten kann man schließlich auch die Krümmung der Wangen bestimmen.

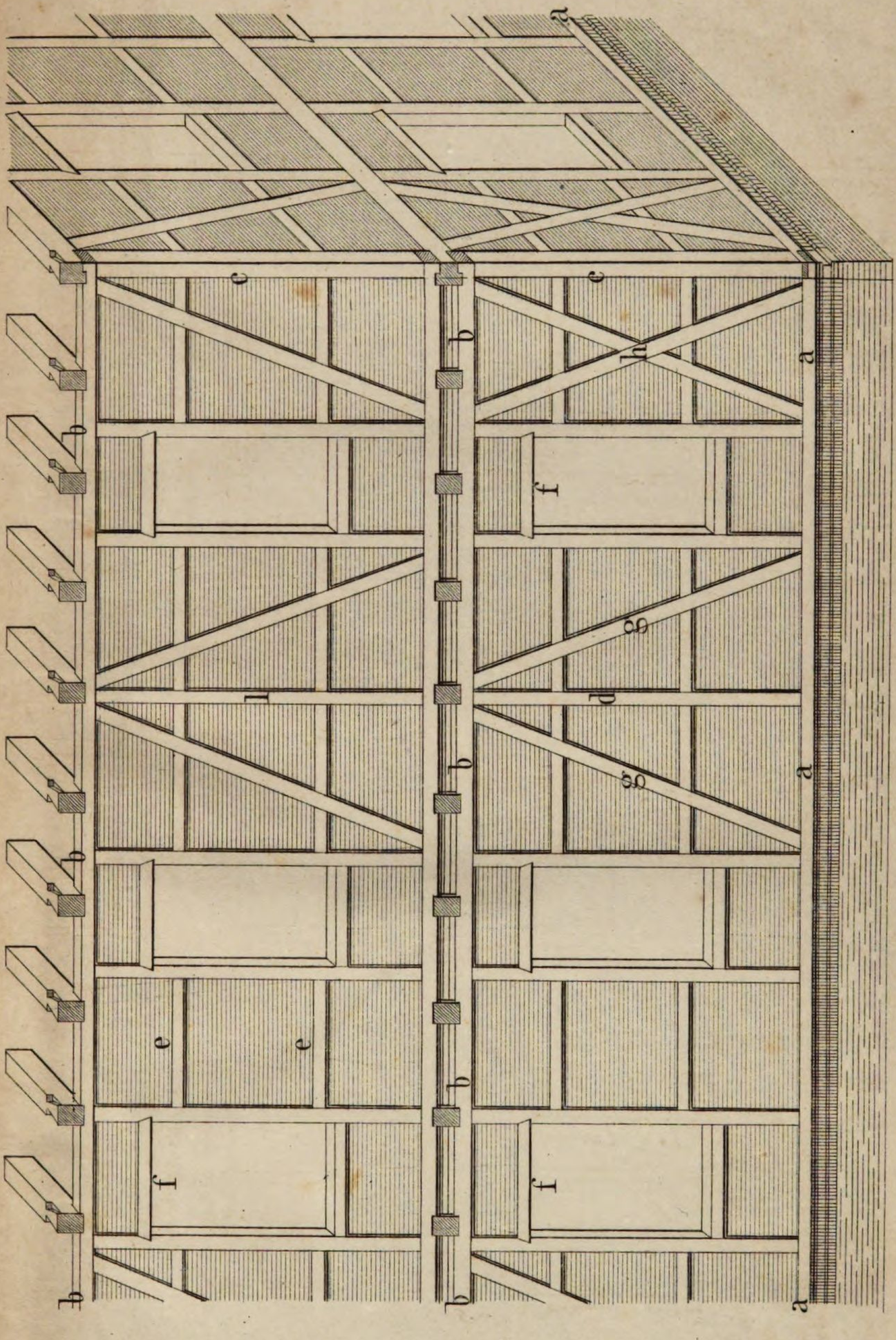
Halle. Druck von Otto Hendel.




traſs


A
B
C
D

Blatt 9.



Lith. A. v. A. Meyer in Halle a/S.

